A richiesta il 1° DVD della serie "La conquista dello spazio"

Marzo 2010 € 3,90

Le Scienze

www.lescienze.it by Me@Home

edizione italiana di Scientific American

In cerca di vita nel multiverso

GLI UNIVERSI ALTERNATIVI IPOTIZZATI DA ALCUNE TEORIE POTREBBERO OSPITARE FORME DI VITA SIMILI A QUELLE TERRESTRI

Ambiente
Gli effetti globali di una guerra nucleare tra India e Pakistan

Biologia
Tutta la verità sul mito dei nanobatteri

Scienze della Terra
Impatti di asteroidi alle origini dei continenti?

POSTE ITALIANE SPED. IN A.P. - D.L. 353/2003 CONV. L. 46/2004, ART. 1, C. 1, DCB - ROMA RIVISTA MENSILE - NUMERO 499

9 770036 808000 00499

PHOENIX

Crema di Yogurt Bianco Müller con zucchero d'uva.

Fate l'amore con il sapore.

iscopri il piacere di fare l'amore con il sapore.

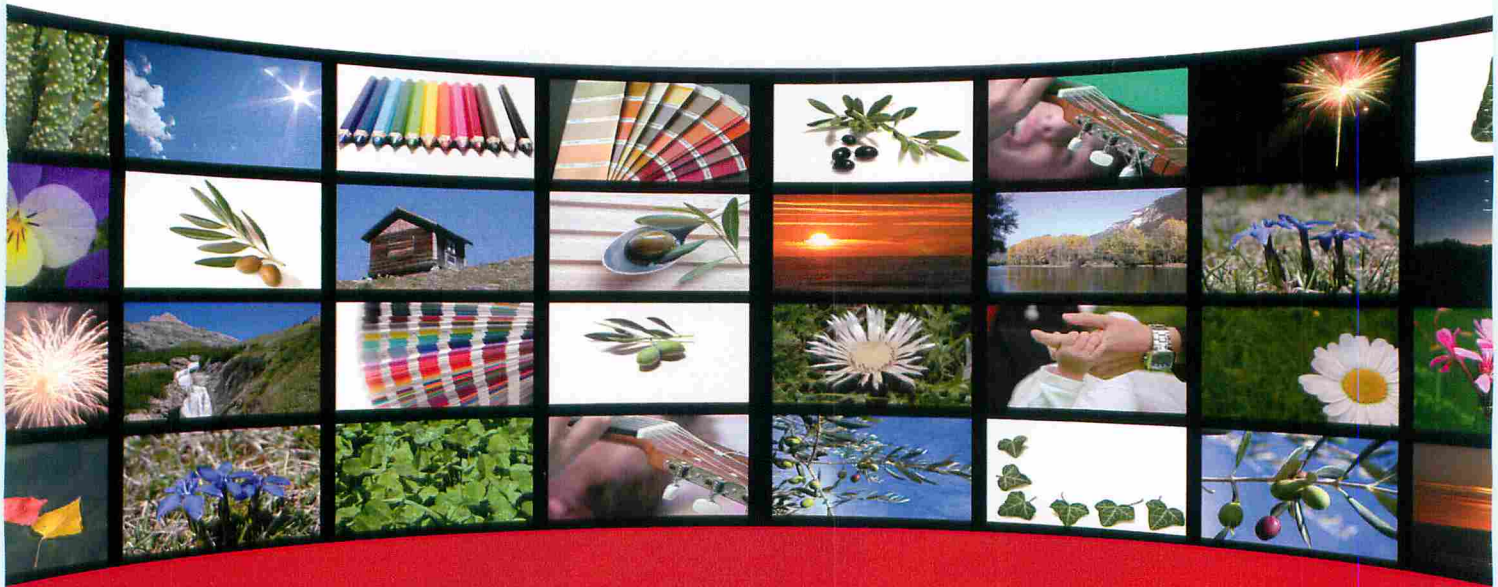
müller

www.muller.it

LIBRI DISCHI DVD GAMES MP3

ibs.it
internet bookshop

Le scienze? Su IBS le trovi tutte!



Offerta riservata ai lettori de LE SCIENZE
Valida fino al 15 aprile 2010
Utilizzabile per ordini di almeno 49 euro · Cumulabile con altre promozioni in corso
Per usufruire dell'offerta scrivi **ZNC3TU**
nel campo ***Codice Offerta*** del Carrello e premi il bottone ***Aggiorna il carrello.***

Buono sconto di 5 EURO

www.ibs.it

500.000 **LIBRI ITALIANI**
1.300.000 **LIBRI** in **LINGUA INGLESE**
24.000 **DVD**
100.000 **DISCHI**
4.000 **VIDEOGIOCHI**
2.000.000 di brani **MP3**

SCONTI FINO AL 50%
Pagamento sicuro con **CARTA DI CREDITO, PayPal™** o in **CONTRASSEGNO**
Spedizioni in tutto il mondo con **CORRIERE ESPRESSO**
SPEDIZIONI GRATIS in Italia con ordini di almeno 39 € di Libri, Dischi, DVD e Videogiochi

La più grande libreria italiana è online!

sommario

marzo 2010 LE SCIENZE numero 499

COSMOLOGIA

46 In cerca di vita nel multiverso

di Alejandro Jenkins e Gilad Perez

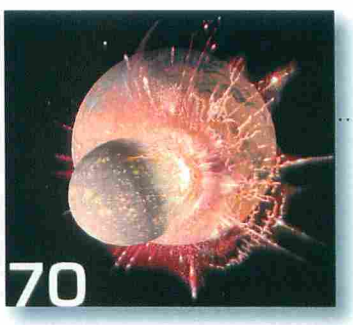
Alcune teorie ipotizzano l'esistenza di altri universi regolati da leggi fisiche diverse dalle nostre e adatti a ospitare forme di vita

BIOLOGIA

54 Ascesa e caduta dei nanobatteri

di John D. Young e Jan Martel

Qualche anno fa i «nanobatteri» furono salutati come i più piccoli organismi viventi. Oggi sappiamo che sono qualcosa di diverso, ma quasi altrettanto insolito

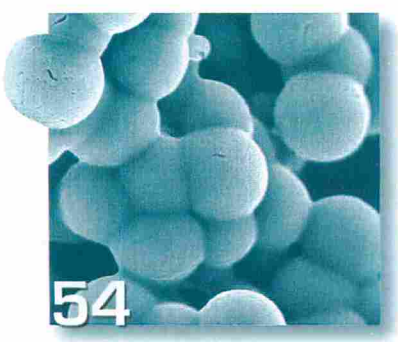


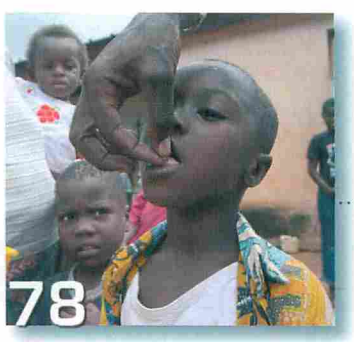
SCIENZE DELLA TERRA

70 L'origine violenta dei continenti

di Sarah Simpson

Una nuova ipotesi basata su recenti osservazioni geologiche suggerisce che violenti impatti di asteroidi hanno contribuito alla nascita dei continenti





MEDICINA

78 Un piano per sconfiggere le malattie tropicali dimenticate

di Peter Jay Hotez

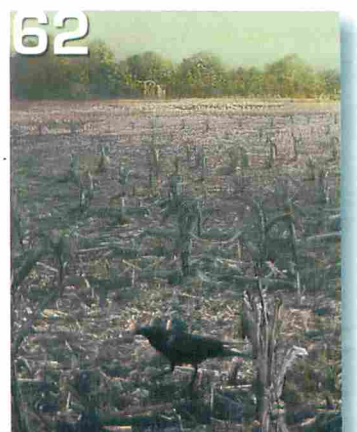
Il legame tra povertà e patologie croniche affligge da sempre le popolazioni più indigenti

AMBIENTE

62 Guerra nucleare locale, catastrofe globale

di Alan Robock e Owen Brian Toon

Una guerra nucleare tra India e Pakistan potrebbe sconvolgere il clima dell'intero pianeta

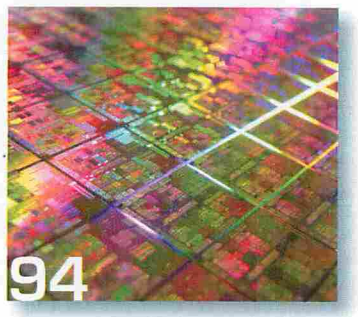


IN COPERTINA

Multiverso immaginario. Kazuo Kawai/Getty Images (*foto*); Jean-François Podevin (*galassie*).

STATISTICA
84 **Sesso, bellezza e statistica**
di Andrew Gelman e David Weakliem
Nello studio di fenomeni sociali e biologici, la statistica va usata con cautela, per evitare conclusioni sbagliate

COMPUTER
94 **Microchip dei prossimi 20 anni**
Ecco come in futuro i circuiti integrati diventeranno più piccoli, più veloci e più economici



INFORMATICA
100 **Soldi veri da mondi virtuali**
di Richard Heeks
Con i giochi fantasy on line gli imprenditori dei paesi in via di sviluppo si guadagnano da vivere scambiando scorte di oro fittizio per denaro liquido

IN APRILE

Dalla Terra alla Luna: gli anni d'oro della corsa allo spazio

In edicola a richiesta con «Le Scienze» di aprile il secondo DVD della collana «La conquista dello spazio»

"Per quelli sulla Terra, l'equipaggio dell'Apollo ha un messaggio [...] vi auguriamo una buona notte, buona fortuna, buon Natale». È il 24 dicembre1968; dall'Apollo 8 in orbita intorno alla Luna la voce di Frank Borman fa gli auguri all'umanità in quella che, per l'epoca, sarà la trasmissione televisiva più vista della storia. Lanciati tre giorni prima dal gigantesco Saturn 5, Borman e i colleghi Lovell e Anders sono i primi esseri umani catturati dal campo gravitazionale di un corpo celeste diverso dalla Terra; sette mesi dopo, Armstrong e Aldrin sbarcheranno sulla Luna.

Il secondo DVD della collana «La conquista dello spazio» ricostruisce la straordinaria serie di eventi che si susseguirono a ritmo serrato tra il 1968 e il 1972, quando gli Stati Uniti, grazie al successo del programma Gemini e delle prime missioni Apollo, sono ormai collocati saldamente in testa nella gara con l'Unione Sovietica. Immagini storiche e rari documenti audio e video fanno rivivere missioni come quella dell'Apollo 8, o lo sfortunato e drammatico tentativo dell'Apollo 13, e momenti come la passeggiata della prima «auto» lunare, il rover sbarcato con l'Apollo 15.

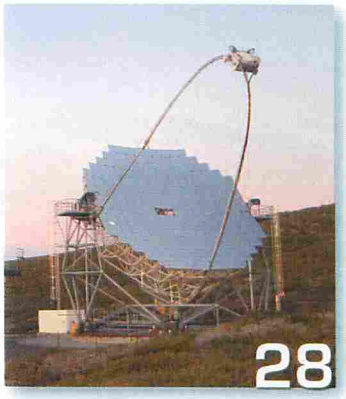
Unici per la loro rarità sono poi i materiali sulle imprese spaziali sovietiche di quegli anni, dalle riprese nella base di Baikonur alla vita «quotidiana» dei cosmonauti a bordo della Soyuz 5: che, agganciata alla Soyuz 4, forma la prima «stazione spaziale» della storia.

RISERVATO AGLI ABBONATI

▶ Gli abbonati possono richiedere l'intera collana «Mentimatematiche. I grandi incontri del Festival della Matematica» al prezzo di 59,00 euro (anziché 69,00) oppure i singoli DVD, al prezzo di 6,90 euro ciascuno, al servizio clienti: 199 700 721 (02 87082433 per chi chiama da telefoni pubblici o cellulari); oppure via e-mail (lescienze.vendite@somedia.it); o per posta a Somedia Spa, Casella Postale 10399, 20111, Milano.

▶ Sono inoltre disponibili, al prezzo di euro 7,90, tutti i volumi della «Biblioteca delle scienze», che possono essere richiesti sempre al servizio clienti, agli stessi numeri telefonici e indirizzi indicati qui sopra.

le rubriche sommario



9 **Editoriale**
di Marco Cattaneo

10 **Lettere**
Il dibattito sul clima si riscalda

12 **La biblioteca delle scienze**

14 **Beautiful Minds**

16 **Scienza e società**
di Enrico Bellone
Un grazie a Margherita Hack

17 **Lavori in corso**

18 **Intervista**
di Valentina Murelli
Cervello, tumori sotto attacco

20 **Geografie**
L'importanza dei servizi igienici

PROSPETTIVE

22 **Sviluppi sostenibili**
di Jeffrey D. Sachs
Come rompere lo stallo sul clima

24 **Scienza e filosofia**
di Elena Castellani
Oggetti «borderline»

26 **Appunti di laboratorio**
di Edoardo Boncinelli
Genoma completato?

27 **Il matematico impertinente**
di Piergiorgio Odifreddi
Come scegliere il migliore?

28 **Astri & Particelle**
di Roberto Battiston
Il nome della luce

106 **Rudi matematici**
di Rodolfo Clerico, Piero Fabbri e Francesca Ortenzio
Elementare, Watson!

108 **Libri & tempo libero**

112 **Ricerca improbabile**
di Marc Abrahams
La madre di tutti i rapporti

113 **Pentole & provette**
di Dario Bressanini
I detective della bufala

Scienza news

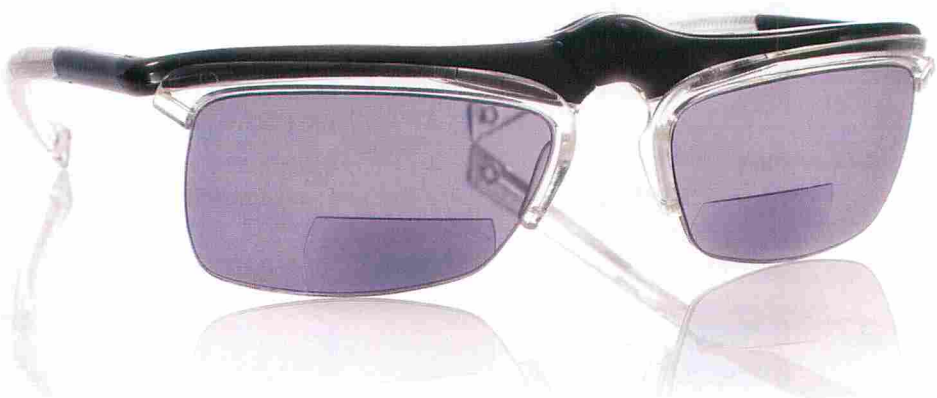
31 Il codice di Nirenberg
32 Perché l'acqua non ghiaccia
32 Plaf! Un getto supersonico
33 Una mappa per la materia oscura galattica
33 LHC a Ginevra: avanti piano
35 Il senso del fuoco
35 Convergenze molecolari
36 Il lato buono dei prioni
36 Il lontano antenato delle membrane interne
37 Evoluzione e medicina
38 La difficile cura del borderline
38 Un navigatore nel cervello
39 Dalla pelle al cervello
41 Rame contro l'effetto serra
41 Un modello atomico per l'attrito
42 Il simbolismo di Neanderthal
42 Dinosauri in multicolor
43 Quei microbi Matusalemme
44 Brevissime

WORLDWIDE PATENT

lélé's®

untie'wear

STRICTLY MADE IN ITALY



L' INNOVAZIONE DI UN OCCHIALE RIVOLUZIONARIO

I **LELE' S UNTIE ' WEAR** sono un prodotto completamente MADE IN ITALY, pesano solo 10 grammi e sono scomponibili in 9 piccole parti tascabili. Con una dotazione di 4 lenti intercambiabili in policarbonato antigraffio e una montatura resistente agli urti, i **LELE' S UNTIE ' WEAR** consentono la regolazione del calibro sul naso, coniugando il massimo comfort con la libertà di passare da un occhiale da sole a un premontato con pochi semplici gesti. Le lenti da sole sono bifocali con lunetta tipo "flat top", il potere della lente è posizionato sulla parte interna per renderlo invisibile. Un brevetto mondiale che parla italiano, un concentrato di tecnologia e stile da indossare.

todomodo

www.todomodo.biz

Il rischio dell'inverno nucleare

di Marco Cattaneo

Negli ultimi mesi l'attenzione politica internazionale è stata puntata sugli impianti iraniani per l'arricchimento dell'uranio. Secondo Teheran non è che un legittimo sviluppo del nucleare civile, ma per molti osservatori c'è la seria preoccupazione che la repubblica islamica sviluppi armi nucleari, violando il Trattato di non proliferazione ed entrando nel sempre meno ristretto «club dell'atomica»

E le preoccupazioni sono quanto mai giustificate. Basta leggere l'articolo *Guerra nucleare locale, catastrofe globale*, di Alan Robock e Owen Brian Toon, a pagina 62. Riprendendo gli studi degli anni ottanta sull'«inverno nucleare» che sarebbe stato provocato da una guerra atomica tra Stati Uniti e Unione Sovietica – studi che hanno contribuito ai trattati sul disarmo – Robock e Ton hanno usato modelli molto più sofisticati per simulare l'impatto globale di un conflitto nucleare, sia pure limitato ai «piccoli» arsenali di India e Pakistan. E i risultati sono tutt'altro che rassicuranti.

Anche se i due paesi asiatici dispongono di poche decine di testate a fissione ciascuno, e per di più di potenza limitata (nulla a che vedere con gli ordigni a fusione termonucleare di Russia e Stati Uniti), se questi ordigni fossero reciprocamente sganciati sulle città e sulle aree industriali nemiche causerebbero milioni di vittime e scatenerebbero immani incendi. Da questi si libererebbero milioni di tonnellate di fumo che in poche settimane coprirebbero tutta la superficie della Terra, nascondendola alla luce del Sole, raggiungendo l'alta atmosfera e provocando un'improvvisa diminuzione della temperatura per diversi anni a livello globale e una riduzione delle precipitazioni. Ne seguirebbe, secondo gli autori, una crisi agricola mondiale, con conseguenze catastrofiche sulle risorse alimentari. Robock e Toon concludono l'esposizione dei loro risultati invocando nuove simulazioni indipendenti condotte da altri ricercatori, ma soprattutto invitando i leader mondiali a impegnarsi per l'abolizione delle armi atomiche.

È chiaro, dunque, come l'ingresso dell'Iran nel club dell'atomica – di cui Israele fa già parte – aprirebbe una nuova potenziale tensione a rischio di guerra nucleare in un'area di già grande instabilità come il Medio Oriente. Ed è altrettanto evidente l'urgenza di rivedere gli accordi sulla proliferazione nucleare, prevedendo maggiori controlli e sanzioni più severe per i paesi che si apprestino a sviluppare armi atomiche, attribuendo maggiori responsabilità e poteri a un organismo cruciale come l'International Atomic Energy Agency.

Infine, una buona notizia. Il 14 febbraio ha chiuso i battenti al Palazzo delle Esposizioni di Roma la mostra *Astri e particelle. Le parole dell'Universo*, organizzata dall'Istituto nazionale di fisica nucleare con l'Agenzia spaziale italiana e l'Istituto nazionale di astrofisica per celebrare il quarto centenario delle prime osservazioni astronomiche di Galileo.

Richard Lee (*a destra*)

Ora si sposterà alla città della Scienza di Napoli, per poi approdare al Museo di fisica e astrofisica di Teramo, sua destinazione definitiva.

Il bilancio parla di circa 140.000 visitatori, un successo clamoroso per un'esposizione che si avventura al confine tra scienza e videoarte, combinando la spettacolarità delle immagini con l'incredibile complessità dell'astrofisica e della fisica delle alte energie e il fascino degli strumenti che l'uomo ha via via escogitato per studiare il cosmo. E il risultato è stato così efficace che gli organizzatori sono stati contattati dai responsabili della Cité des Sciences et de l'Industrie del Parc de la Villette per portare la mostra a Parigi. Per capirci meglio, una mostra tutta concepita e realizzata in Italia ha incontrato l'interesse e l'apprezzamento del più grande museo scientifico d'Europa.

Alcuni dei nostri autori

ALEJANDRO JENKINS fa parte del gruppo di fisica delle alte energie della Florida State University. Ha conseguito diplomi a Harvard e al Caltech e ha iniziato a studiare gli universi alternativi al MIT di Boston.

GILAD PEREZ è fisico teorico al Weizmann Institute, dove nel 2003 ha ottenuto il Ph.D. Durante un periodo trascorso al Lawrence Berkeley National Laboratory, si è occupato dello studio del multiverso.

JOHN D. YOUNG è rettore della Chang Gung University e della Mingchi University of Technology di Taiwan, e dirige il Laboratorio sui nanomateriali della CGU.

JAN MARTEL è dottorando presso il Graduate Institute of Biomedical Sciences della Chang Gung University, dove studia gli agenti patogeni veicolati dal sangue e le potenziali basi per terapie alternative.

ALAN ROBOCK insegna climatologia alla Rutgers University, dove dirige il Center for Environmental Prediction, che si occupa dei cambiamenti climatici. È membro dell'IPCC.

Il dibattito sul clima si riscalda

Pubblichiamo una lettera di un gruppo di studiosi dei cambiamenti climatici sull'articolo *Il clima e la CO_2*, uscito in febbraio, e la replica di Enrico Bellone

Fabrizio Antonioli
ENEA, Roma
Vincenzo Artale
ENEA, Roma
Carlo Barbante
Università Ca' Foscari, Venezia
Ugo Bardi
Università di Firenze
Guido Barone
Università di Napoli
Francesco Bignami
ISAC-CNR, Roma
Marco Bindi
Università di Firenze
Michele Brunetti
CNR, Bologna
Carlo Cacciamani
ARPA Emilia Romagna
Stefano Caserini
Politecnico di Milano
Claudio Cassardo
Università di Torino
Sergio Castellari
CMCC, INGV, Bologna
Orietta Cazzuli
Arpa Lombardia, Milano
Luca Chiari
Università di Trento
Susanna Corti
ISAC-CNR, Bologna
Giulio De Leo
Università di Parma, Stanford University
Claudio Della Volpe
Università di Trento
Guido Di Donfrancesco
ENEA, Roma
Federico Fierli
ISAC-CNR, Bologna
Massimo Frezzotti
ENEA, Roma
Sandro Fuzzi
ISAC-CNR, Bologna
Paolo Gabrielli
Ohio State University
Marino Gatto
Politecnico di Milano
Domenico Gaudioso
ISPRA, Roma
Mario Grosso
Politecnico di Milano
Silvio Gualdi
CMCC, INGV, Bologna
Piero Lionello
Università del Salento, Lecce

La pubblicazione, sul numero di febbraio di «Le Scienze», di un articolo sul tema del cambiamenti climatici disinformato e pieno di palesi errori, facilmente documentabili come illustrato di seguito, costituisce un motivo di preoccupazione per quanti sperano in un dibattito sereno e di alto livello su questa grande questione.

Pur se firmato dal professor Enrico Bellone, di cui non possiamo non riconoscere l'importante attività di divulgazione scientifica svolta in passato, l'articolo contiene toni inaccettabili e ignora completamente il lavoro rigoroso e appassionato di migliaia di studiosi in tutto il mondo – e centinaia anche qui in Italia – documentato da innumerevoli pubblicazioni scientifiche sulle più prestigiose riviste internazionali sottoposte all'attento vaglio della comunità scientifica.

Nel merito, le tre «verità sull'anidride carbonica» proposte da Bellone sono argomenti inconsistenti, e rispondono ai ricorrenti miti e alle leggende metropolitane continuamente proposte, come una catena di sant'Antonio, su riviste generaliste e siti Internet di nessuna credibilità scientifica. Infatti:

1) Secondo Bellone «la CO_2 è uno dei costituenti fondamentali della vita, perché consente quei processi di fotosintesi che fanno crescere i vegetali». Dal punto di vista biologico, la cosa è ovvia già agli studenti delle scuole medie. Dal punto di vista climatologico, invece, l'attuale variazione di concentrazione atmosferica in un arco di tempo così breve non è mai stata osservata negli ultimi 800.000 anni [1], ossia ben prima della comparsa di *Homo sapiens*. Oltre alle eventuali variazioni dell'irradianza solare, l'incremento del 38 per cento registrato negli ultimi 250 anni è in grado di alterare il bilancio energetico del pianeta, come spiegato da una teoria pubblicata più di cent'anni or sono.

George Hammerstein/Corbis

2) Secondo Bellone, «durante il Medioevo si realizzarono temperature superiori a quelle odierne, ma le percentuali di CO_2 erano assai inferiori alle nostre». Questa affermazione non trova fondamento nella letteratura scientifica, che invece ha mostrato, mediante l'analisi di molteplici indicatori climatici indiretti (*proxy*), come la cosiddetta anomalia climatica medioevale sia stata un fenomeno limitato ed eterogeneo dal punto di vista geografico, e le attuali temperature a scala globale e nord emisferica, pur tenendo conto delle incertezze di queste analisi, siano le più alte almeno degli ultimi 1500 anni [2] [3].

3) Il fatto che «la crescita [della temperatura] non è stata lineare...» è ampiamente spiegato nel-

[1] Lüthi D., *High-resolution carbon dioxide concentration record 650.000–800.000 years before present*, in «Nature», Vol. 453, pp. 379-382, 2008.
[2] Moberg A. e altri, *Highly variable northern hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data*, in «Nature», Vol. 433, pp. 613-617, 2005.
[3] Mann M.E. e altri, *Global signatures and dynamical origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly*, in «Science», Vol. 326, pp. 1256-1260, 2009.
[4] IPCC, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2007. Disponibile su www.ipcc.ch.

la letteratura scientifica [4], e anche in molti libri a carattere divulgativo. La crescita della temperatura non è stata, e non sarà, lineare, sia per le notevoli fluttuazioni interannuali causate dalla variabilità naturale che per la presenza di altre sostanze interagenti con il sistema climatico (per esempio

le emissioni di particolato atmosferico che hanno «nascosto» la crescita delle temperature nel dopoguerra), con meccanismi di retroazione che svolgono un ruolo sì complesso, ma comprensibile nei suoi tratti fondamentali non solo agli esperti del settore, ma a chiunque abbia l'umiltà di studiare la fisica e la termodinamica del sistema climatico.

L'infondatezza delle tesi di Bellone è spiegabile con la debolezza della fonte su cui si basano, ossia un articolo pubblicato sul quotidiano «Avvenire» del 13 dicembre 2009, ripreso dal sito Internet www.svipop.org. Questo sito, incredibilmente scambiato da Bellone per un «buon canale europeo di informazione», è conosciuto per ospitare le più strampalate teorie negazioniste sui cambiamenti climatici, spesso accomunate solo da una paranoia antiambientalista.

Negli ultimi mesi molti sono stati gli attacchi alla ricerca sul cambiamento climatico e alle persone che se ne occupano. Questi attacchi non si sono basati su critiche dei dati e delle teorie, sempre legittime, ma su attacchi personali ai ricercatori e alle organizzazioni impegnate nella scienza del clima, con l'accusa di aver ordito una cospirazione per lucrare sul concetto di riscaldamento globale causato dall'uomo. Le accuse si sono rivelate inconsistenti ma hanno avuto successo nel disorientare l'opinione pubblica, non solo nel campo del cambiamento climatico, ma mettendo in dubbio l'integrità degli scienziati e delle organizzazioni scientifiche in tutti i campi.

La letteratura scientifica internazionale, al di là del lavoro di sintesi che fa l'IPCC, è pressoché unanime nel ritenere che l'evidenza sperimentale per il cambiamento climatico in atto sia ampia e incontrovertibile e che non ci siano elementi di nessun tipo che possano giustificare l'abbandono dell'interpretazione che lo vuole causato, negli ultimi decenni, principalmente dall'attività umana e, in particolare, dall'uso dei combustibili fossili.

Prepararsi al cambiamento, decarbonizzare l'economia mondiale per limitare i danni e limitare la nostra dipendenza dai combustibili fossili, rappresenta oggi una delle più grandi sfide che la società attuale si trova ad affrontare. Negare ideologicamente i rischi legati ai cambiamenti climatici e non riconoscere le opportunità che da esso scaturiscono significa fare un pessimo servizio alla nostra società e alle generazioni future.

Valerio Lucarini
Università di Bologna, Università di Reading
Valter Maggi
Università di Milano-Bicocca
Elisa Manzini
CMCC, INGV, Bologna
Vittorio Marletto
ARPA Emilia Romagna
Simona Masina
CMCC, INGV, Bologna
Maria Luisa Moriconi
ISAC-CNR, Roma
Elisabetta Mutto Accordi
Climalteranti.it
Teresa Nanni
ISAC-CNR, Bologna
Antonello Pasini
CNR, Roma
Daniele Pernigotti
Università Ca' Foscari, Venezia
Antonello Provenzale
ISAC-CNR, Torino
Maurizio Ribera d'Alcalà
Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli
Volfango Rupolo
ENEA, Roma
Paolo Ruti
ENEA, Roma
Maurizio Sciortino
ENEA, Roma
Barbara Stenni
Università di Trieste
Orazio Sturniolo
ISAC-CNR, Bologna
Stefano Tibaldi
Università di Bologna
Francesco N. Tubiello
GET-Carbon
Marcello Vichi
CMCC, INGV, Bologna
Marina Vitullo
ISPRA, Roma
Antonio Zecca
Università di Trento

Il diritto di dissentire

Rispondo volentieri. Mi accusate di aver usato «toni inaccettabili», ma non è inaccettabile il fatto di riportare le tesi di chi è scettico nei confronti di visioni catastrofiste sul contributo umano all'effetto serra. Ho citato un sito dove si parla della CO_2 e mi si rimprovera *in quanto* esso riprenderebbe un articolo apparso su «l'Avvenire»: e allora? Il rimprovero sarebbe giusto se la fisica del riscaldamento globale fosse incorniciata una volta per tutte nel «lavoro di sintesi» dell'IPCC. Ma le cose non stanno così, e lo sapete benissimo.
Un climatologo di fama internazionale come Guido Visconti, nel suo libro *Clima estremo*, ha scritto che «oggi la scienza non è in grado di spiegare le variazioni climatiche che sono avvenute in passato: pertanto, non si capisce come la stessa scienza potrebbe essere in grado di prevedere quello che avverrà nel prossimo futuro. Malgrado ciò, organismi internazionali come l'IPCC annunciano, con cadenza regolare, previsioni per i prossimi 50 o 100 anni. Questa apparente capacità previsionale è la stessa che ha dato notorietà, e quindi assicurato fondi, a un'intera classe scientifica negli ultimi 20 anni». Poche settimane fa il sito del «Times» ha dato la parola al consulente scientifico del governo britannico, John Beddington, secondo il quale c'è bisogno di «maggiore onestà» nel formulare previsioni sul cambiamento climatico. Non solo: «I climatologi dovrebbero essere meno ostili nei confronti degli scettici che mettono in dubbio l'origine antropica del riscaldamento globale».

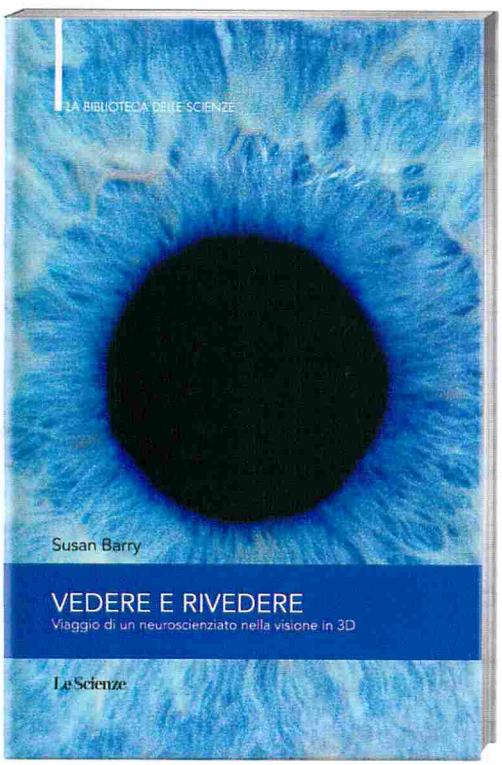
Enrico Bellone

Il segreto della visione

In edicola con «Le Scienze» di aprile *Vedere e rivedere*, di Susan Barry, inedito in Italia, viaggio di una neurobiologa nella visione tridimensionale

Questo libro avrebbe potuto scriverlo Oliver Sachs. Che, non a caso, è l'autore della prefazione. E per primo, nel giugno 2006, ha raccontato la storia di Susan Barry in un articolo, *Stereo Sue*, pubblicato sul «New Yorker». E negli anni è diventato buon amico e consigliere dell'autrice.

Tecnicamente, *Vedere e rivedere. Viaggio di un neuroscienziato nella visione in 3D* è un'autobiografia. Ma non solo. Docente di biologia e ricercatrice nel campo della plasticità neuronale al Mount Holyoke College di South Hadley, in Massachusetts, Susan Barry ha sviluppato una grave forma di strabismo nella primissima infanzia, ad appena tre mesi di età. Da bambina, è stata sottoposta a tre interventi chirurgici ai muscoli oculari per correggere l'allineamento degli occhi. Le operazioni erano perfettamente riuscite, ma ciò non era bastato a farle recuperare la complessa capacità della visione tridimensionale.



In edicola ad aprile con «Le Scienze» un altro libro inedito in Italia

Dato che l'aspetto esteriore dei suoi occhi era apparentemente normale, Susan era convinta di vederci benissimo. Finché non apprese, durante gli studi universitari, che alcuni esperimenti su gatti affetti da strabismo avevano dimostrato che anche dopo la correzione del difetto non avrebbero potuto recuperare la visione stereoscopica, una facoltà che si sviluppa solo durante un periodo critico, all'inizio della vita. «E ciò che si pensava fosse vero per i gatti – scrive – si credeva valesse anche per gli esseri umani. Fu una vera mazzata».

Uno strabico, infatti, non è in grado di percepire la profondità. «Poiché i suoi occhi non mirano allo stesso punto nello spazio, la differenza tra la visione dell'occhio destro e dell'occhio sinistro è troppo grande perché il cervello le combini in un'unica immagine. Questa persona si troverà dunque ad affrontare un grave problema percettivo: dovrà in qualche modo creare un'unica e coerente visione del mondo da segnali conflittuali provenienti dai due occhi. Per risolvere il problema, molte persone strabiche sopprimono l'informazione di un occhio e guardano con l'altro. Alcune di esse usano sempre lo stesso occhio; altre invece passano continuamente da uno all'altro».

Il caso di Susan Barry era il primo. Lo strabismo era insorto in età così precoce che il suo cervello, per mascherare la differenza tra le immagini in arrivo dai due occhi, ne aveva scelto uno solo, cancellando completamente il segnale in ingresso dall'altro. Così, da quella lezione all'università, ha iniziato da una parte a interessarsi della visione tridimensionale nei suoi studi accademici, e dall'altra a frequentare studi di optometristi prima per verificare se effettivamente avesse carenze nella visione stereoscopica e poi per tentare di correggere, contro la convinzione scientifica dominante, quella vista difettosa di cui tuttavia si era sempre fidata.

Quella di Susan è una storia a lieto fine, che racconta con passione suffragata da una documentazione scientifica impressionante. Perché mentre parla di sé illumina il lettore rivelandogli i segreti della visione, esponendo in uno splendido stile narrativo come funziona il sistema visivo, da quando la luce colpisce gli occhi a quando il cervello integra l'informazione, e spiegandoci perché la vista è il più potente mezzo che sfruttiamo per esplorare il mondo. Note autobiografiche, biologia e neuroscienze si intrecciano in un'avventura affascinante, fino alla scoperta che la plasticità del cervello è così formidabile che la visione tridimensionale può essere recuperata anche in età adulta. A cinquant'anni, infine, Susan Barry è riuscita a riconquistare la terza dimensione, grazie a pazienti esercizi che le hanno permesso di recuperare l'informazione soppressa dell'occhio debole modulando il segnale prodotto dall'occhio dominante.

«Casi come questo – chiosa Sachs nella prefazione – offrono speranze a persone un tempo considerate incorreggibilmente cieche per la visione stereoscopica. *Vedere e rivedere* è fonte di ispirazione per chiunque si trovi in questa condizione, ma anche un'esplorazione della straordinaria capacità del cervello di modificarsi e di adattarsi all'incanto e alla meraviglia del mondo visivo, anche di quelle sue parti che molti di noi considerano scontate».

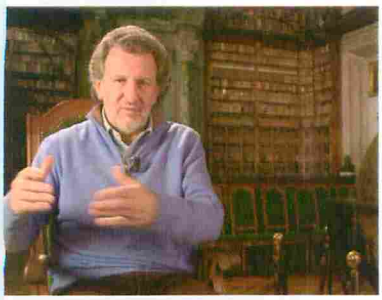
Il gusto che si vede, la qualità che si sente.

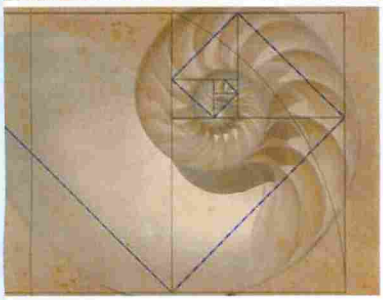
Alcune persone trovano la nostra cioccolata così incredibilmente deliziosa che non riescono a scegliere il loro gusto preferito. Ecco la soluzione: RITTER SPORT Ciocco-Duo è la perfetta combinazione del nostro cioccolato al latte con il cioccolato bianco. Esso unisce il gusto deciso delle varietà più pregiate di cacao selezionato per il nostro cioccolato con l'intensa nota di latte del cioccolato bianco, donandoti un doppio piacere in ogni quadrato.

www.ritter-sport.it

QUADRATO. PRATICO. BUONO.

Il circolo degli scienziati





In edicola dal 12 marzo con «L'Espresso» e «la Repubblica» il primo di una serie di 20 DVD in cui gli scienziati di oggi raccontano le grandi rivoluzioni scientifiche

Duemilacinquecento anni di storia della scienza in venti DVD. Quattordici celebri scienziati e divulgatori di fama internazionale – tra cui quattro premi Nobel (Sheldon Glashow, Harold Kroto, James Watson e John Nash) e due medaglie Fields (Andrew Wiles ed Edward Witten) – ripercorrono le principali tappe dell'avventura scientifica attraverso la vita e le intuizioni dei suoi protagonisti. E in più ogni DVD sarà affiancato da un libretto che approfondisce le note biografiche degli scienziati di cui si racconta la storia, inquadrandone le vicende negli avvenimenti storici del tempo.

Sono questi, in sintesi, i numeri della collana *Beautiful Minds. Gli scienziati raccontano la storia della scienza*, curata da Piergiorgio Odifreddi, che sarà in edicola ogni settimana a partire dal 12 marzo con «L'Espresso» e «la Repubblica» a 7,00 euro in più. Una formula nuova e originale, che abbraccia la storia del pensiero scientifico nella sua interezza. Ogni puntata trae ispirazione dal ritratto di un grande scienziato, o più d'uno, per analizzarne l'opera, discutere le ripercussioni che il suo lavoro ha avuto sul pensiero scientifico e infine delineare l'influenza che le sue scoperte hanno avuto sull'evoluzione della conoscenza e della società stessa.

Nel primo DVD, Piergiorgio Odifreddi narra la storia e il mito di Pitagora di Samo e della scuola che questo enigmatico personaggio – reso celebre dalla biografia che ne scrisse il filosofo greco Giamblico di Calcide – fondò a Crotone, da cui ebbe inizio quell'incredibile avventura del pensiero e della nostra civiltà che chiamiamo scienza. Qui, un giorno, passando davanti alla bottega di un fabbro con i suoi allievi, Pitagora udì il suono dei martelli che battevano sulle incudini, e si accorse che alcuni suoni erano consonanti, mentre altri erano dissonanti. Per capire il perché di queste differenze entrò nella bottega e fece alcuni esperimenti. Dalle sue osservazioni, elaborò l'idea che i numeri potevano descrivere sia i rapporti tra i pesi dei martelli usati per battere sulle incudini sia i rapporti tra i suoni. E costruì la sua filosofia sull'idea che la matematica sia il linguaggio dei fenomeni della natura: per Pitagora, tutto è numero.

È questo l'inizio del viaggio di *Beautiful Minds* tra le conquiste della scienza, un'affascinante percorso in compagnia di alcuni dei maggiori scienziati del nostro tempo.

BEAUTIFUL MINDS. Gli scienziati raccontano la storia della scienza

1) Piergiorgio Odifreddi
PITAGORA, EUCLIDE.
La nascita del pensiero scientifico

2) Giulio Giorello
ARCHIMEDE.
Il primo genio universale

3) Margherita Hack
TOLOMEO E COPERNICO.
Dalle stelle la misura dell'uomo

4) Enrico Bellone
GALILEO E KEPLERO.
La nascita del metodo scientifico

5) Piergiorgio Odifreddi
NEWTON.
La gravità, la luce e i colori del mondo

6) Edoardo Boncinelli
CHARLES DARWIN.
L'uomo: evoluzione di un progetto?

7) Sheldon Glashow
MAXWELL.
Elettricità, magnetismo e luce, una sola famiglia

8) Umberto Veronesi
LOUIS PASTEUR.
I microbi, le malattie e la medicina moderna

9) Harold Kroto
LAVOISIER E MENDELEEV.
Tra atomi e molecole: nasce la chimica moderna

10) Claudio Bartocci
GAUSS E RIEMANN.
La matematica diventa scienza

11) Giuseppe Bruzzaniti
MARIE CURIE.
La scoperta della radioattività

12) Enrico Bellone
ALBERT EINSTEIN.
Relativamente a Spazio e Tempo

13) Sheldon Glashow
MAX PLANCK.
I quanti: quantità di energia misurabile

14) Giuseppe Bruzzaniti
ENRICO FERMI.
L'atomo e la bomba atomica

15) Piergiorgio Odifreddi
GÖDEL E TURING.
La nascita del computer e la società dell'informazione

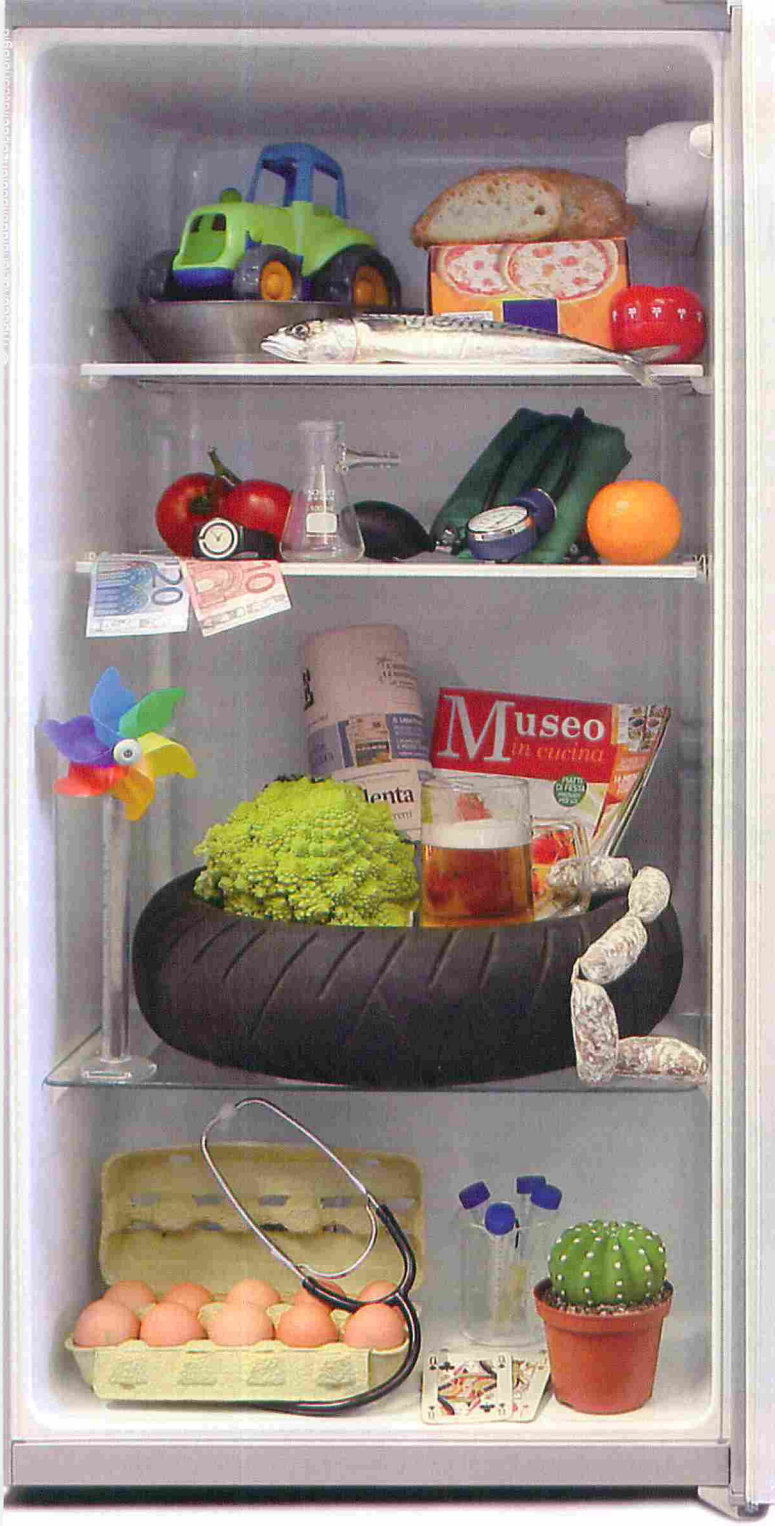
16) James Watson
WATSON E CRICK.
Il DNA e il segreto della vita

17) John Nash
JOHN NASH.
La teoria dei giochi

18) James Watson
IL GENOMA UMANO.
La sequenza della vita

19) Andrew Wiles
LA TEORIA DEI NUMERI.
L'evoluzione della matematica dall'antichità a domani

20) Edward Witten
LA TEORIA DELLE STRINGHE.
La teoria del tutto



AL MUSEO IL NUOVO LABORATORIO INTERATTIVO DEDICATO ALL'ALIMENTAZIONE

Sai che cosa mangi?
Sei capace di scegliere il cibo più adatto a te?
Sai come si trasformano gli alimenti?

Scienza, economia, salute, cultura e ambiente
si intrecciano ogni volta che decidi
che cosa acquistare e consumare.

DOVE SIAMO
via San Vittore 21, Milano

ORARI E GIORNI DI APERTURA
mercoledì - venerdì 9.30-17.00
sabato e festivi 9.30-18.30

www.museoscienza.org

MUSEO NAZIONALE DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA LEONARDO DA VINCI

progettato e realizzato da
MUSEO NAZIONALE DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA LEONARDO DA VINCI

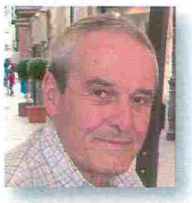
con il contributo di
RegioneLombardia
EXPO

con il patrocinio di
Ufficio Scolastico per la Lombardia

in partnership con
AMC · EATALY · Electrolux · FEDERCHIMICA CONFINDUSTRIA · Fondazione Italiana Accenture · GOGLIO · Nestlé Good Food, Good Life · Nestlé Cereali · Nestlé Motta · Nestlé Vera · PERUGINA · Yakult

partner tecnico
LAMINAM

Un grazie a Margherita Hack



di Enrico Bellone

Sta diminuendo il numero dei giovani che entrano nelle Università. Negli ultimi cinque anni le immatricolazioni sono calate del 15 per cento, mentre quasi la metà di chi frequenta i corsi non approda alla laurea. Nello stesso tempo, si aggrava la separazione di classe: regredisce fortemente il numero degli iscritti che provengono da famiglie con basso reddito. E la situazione è ancora peggiore quando si stimano i dati relativi alle facoltà scientifiche per eccellenza, come fisica, matematica e chimica.

Uno stato di cose, questo, che si inserisce in una cornice già grave in partenza. In Italia la percentuale di ricercatori ogni 1000 abitanti è da parecchio tempo inferiore alla metà di quella registrata in Germania, Gran Bretagna e Francia, e gli investimenti pubblici sulla ricerca sono risibili rispetto a quelli delle maggiori nazioni europee: in queste ultime i fondi per la ricerca crescono, da noi invece diminuiscono indipendentemente dal colore politico dei governi. Gli investimenti privati, poi, in molte nazioni sono circa il doppio di quelli pubblici: da noi, meno della metà.

ASTRONOMA E DIVULGATRICE. Margherita Hack ha appena pubblicato con Rizzoli *Libera scienza in libero Stato*, in cui fa il punto sullo stato della ricerca e dell'Università in Italia.

Sarebbe naturale che la nostra società civile, una volta informata sui rischi che tutto ciò comporta per il paese, fosse in stato di allerta. Ma l'informazione è distorta. Da parecchio tempo, infatti, si narra ai cittadini che le Università e gli enti pubblici di ricerca formerebbero una struttura disdicevole: dominata da baroni incompetenti e spendaccioni, e popolata da portaborse e fannulloni arruolati con metodi da «parentopoli». Una struttura pubblica da risanare, insomma, con il metodo classico dei tagli economici. Così si pongono le fondamenta di cui i governi hanno bisogno per raccogliere il consenso della popolazione alla demolizione in atto da decenni delle strutture pubbliche della scuola e della ricerca.

Va allora detto un «grazie» sincero a Margherita Hack, che ha appena pubblicato da Rizzoli un libro intitolato *Libera scienza in libero Stato*. Un libro di agile lettura, che riporta sia dati ineccepibili sulla situazione italiana sia suggerimenti per uscire dalla crisi. Con un bagaglio di argomenti che riguardano le cause del malessere italico e le fonti della sistematica disinformazione sulla realtà della scuola pubblica e sulla libertà di ricerca. Ci sono indubbiamente episodi di malcostume, «soprattutto nel caso di discipline che hanno sbocchi professionali molto redditizi»: episodi, come ricorda Hack, dove agiscono «intere famiglie che occupano cattedre universitarie». Ma «non si può fare di tutta l'erba un fascio».

Giusto. Ma allora mi chiedo perché c'è questo attacco frontale alle Università e, in generale, alla scuola pubblica. La risposta sta nelle prime pagine del libro di Margherita Hack, dove si riporta un discorso del 1950 in cui Pietro Calamandrei poneva una questione: volete favorire l'istruzione privata? Fate così: cominciate a «trascurare le scuole pubbliche, a screditarle, ad impoverirle». Lasciate che «si anemizzino». Il resto è facile. E qui siamo, infatti. Non si sta forse discutendo l'ipotesi secondo cui le Università hanno la facoltà di trasformarsi in «fondazioni di diritto privato»?

Eppure ci sono oggi, in Italia, luoghi esemplari come il «sistema Trieste», nei quali agisce una rete di rapporti internazionali che coinvolgono Università e industria. Dovremmo adottarli come «stimolo», osserva Hack. Uno stimolo anche per il «nostro paese, che governanti ignoranti e irresponsabili avviano verso una fase di sottosviluppo».

Tania/Contrasto

Le varianti della vecchiaia

Identificate per la prima volta varianti geniche associate in modo definitivo all'invecchiamento biologico dell'uomo. La scoperta, pubblicata su «Nature Genetics», rappresenta un importante passo in avanti nello studio delle componenti genetiche della vecchiaia, un campo di ricerca che promette di rivoluzionare la nostra vita (si veda *Il segreto dei geni della longevità*, in «Le Scienze» n. 453, maggio 2006). Gli autori sono alcuni scienziati dell'Università di Leicester che hanno analizzato oltre 500.000 variazioni genetiche nel genoma umano, identificandone come significative alcune localizzate vicino al gene *TERC*. Questo gene era già noto per avere un ruolo nel conservare la lunghezza dei telomeri, strutture localizzate alle estremità dei cromosomi che si accorciano progressivamente a ogni divisione cellulare. Lo studio ha dimostrato che i portatori delle varianti hanno telomeri più corti rispetto agli individui di pari età cronologica, quindi sono più vecchi dal punto di vista biologico – in media di 3-4 anni – visto che c'è una correlazione fra telomeri più corti e malattie legate all'età.

L'ANALISI DEL PATRIMONIO GENETICO sta rendendo sempre più chiari i meccanismi dell'invecchiamento.

SCARTI PER BATTERI. Questi scarti di pannocchie potrebbero essere trasformati in etanolo da batteri.

Benzina dal microbo

L'ingegneria genetica e la biologia sintetica hanno trasformato un abitante del nostro intestino in una promessa della produzione di bioetanolo di seconda generazione, cioè ottenuto da piante non usate come alimenti per l'uomo o gli animali (si veda *Biocarburanti al distributore*, in «Le Scienze» n. 493, settembre 2009). Jay Keasling, dell'Università della California a Berkeley, ha modificato il DNA e il metabolismo di *Escherichia coli* in modo da farlo diventare un microscopico fermentatore, in grado di produrre bioetanolo direttamente da cellulosa ed emicellulosa. La resa del batterio è ancora bassa, come spiegato su «Nature», ma la sfida è appena agli inizi e promette bene.

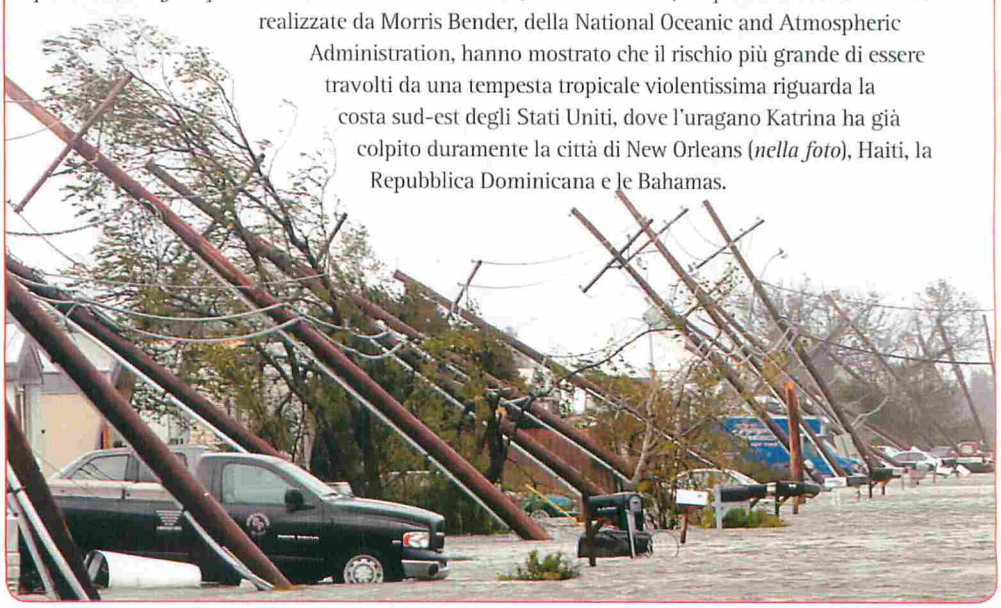
Terra, terra, terra!

La scoperta ha suscitato clamore e dibattito tra gli addetti ai lavori, ma si è guadagnata la copertina di «Nature». Un gruppo di ricerca dell'Università di Varsavia guidato da Grzegorz Niedzwiedzki afferma di avere scoperto le impronte più antiche di tetrapodi, cioè di vertebrati con quattro gambe (si veda *Alla scoperta della terraferma*, in «Le Scienze» n. 450, febbraio 2006). Conservate in una cava di Zachelmie, nel sud-est della Polonia, le impronte risalirebbero a 395 milioni di anni fa, nel Devoniano medio, dunque sposterebbero all'indietro nel tempo la conquista della terraferma. Gli scienziati polacchi non hanno trovato tracce lasciate da code o da addomi striscianti, il che fa pensare che questi tetrapodi, lunghi circa 2,5 metri, stessero attraversando uno specchio d'acqua poco profondo. Ora si spera di trovare fossili del corpo degli animali da cui avere altre informazioni su uno dei passaggi più importanti della storia della vita.

UN PO' PRIMA. La scoperta di alcune impronte di tetrapodi ha retrodatato la conquista della terraferma.

Un futuro tempestoso per l'Atlantico occidentale

I modelli climatici più recenti indicano che nel corso del XXI secolo il numero degli uragani diminuirà. Una buona notizia, che però ora trova il suo contrappasso in uno studio, pubblicato su «Science», secondo cui a questa diminuzione corrisponderà una frequenza maggiore degli uragani più violenti, ovvero di tempeste tropicali di categoria 4 e 5, il massimo della scala (si veda *Oceani più caldi, uragani più intensi*, in «Le Scienze» n. 469, settembre 2007). In particolare le simulazioni realizzate da Morris Bender, della National Oceanic and Atmospheric Administration, hanno mostrato che il rischio più grande di essere travolti da una tempesta tropicale violentissima riguarda la costa sud-est degli Stati Uniti, dove l'uragano Katrina ha già colpito duramente la città di New Orleans (*nella foto*), Haiti, la Repubblica Dominicana e le Bahamas.



Nikada/iStockphoto (*coppia di anziani*); Laurie Grace; Vast Photography/Getty Images (*scarti pannocchia*); Rau Martin (*tetrapodi*); Rick Wilking/Reuters/Corbis (*New Orleans*)

Cervello, tumori sotto attacco

Identificati i geni responsabili dell'aggressività del glioblastoma, il tumore cerebrale più diffuso. Ne parliamo con Antonio Iavarone, autore della scoperta

di Valentina Murelli

CHI È

- Antonio Iavarone è professore associato all'Institute of Cancer Genetics della Columbia University di New York, dove dirige un laboratorio che si occupa di sviluppo del sistema nervoso e cancro.
- Dopo la laurea in medicina e la specializzazione in oncologia pediatrica all'Università «Cattolica» di Roma ha trascorso due lunghi periodi di ricerca negli Stati Uniti, all'Università di San Francisco (1990-1994) e al Memorial Sloan-Kettering Cancer Center di New York (1994-1998).
- Insieme alla moglie Anna Lasorella, che lavora nel suo stesso gruppo di ricerca, si è trasferito definitivamente negli Stati Uniti nel 2001, dopo aver denunciato alcuni episodi di nepotismo nell'università in cui era ricercatore (sempre la «Cattolica» di Roma).
- Ha ricevuto diversi riconoscimenti e, nel 2008, il premio per la scienza e la ricerca della Fondazione Mediterraneo, per il suo contributo allo studio della funzione di alcune proteine della famiglia Id nelle cellule staminali e in patologie oncologiche. È membro del comitato editoriale della rivista «Cell Division».

Come e perché un tumore diventa un tumore? Spesso, le domande chiave della ricerca oncologica hanno solo risposte molto parziali. Per diversi tipi di tumori al cervello, però, il quadro si sta facendo sempre più preciso, grazie al lavoro dell'équipe di Antonio Iavarone, oncologo pediatra «prestato» alla ricerca, da nove anni alla Columbia University di New York.

L'ultimo risultato riguarda il glioblastoma multiforme, il più aggressivo e diffuso tra i tumori cerebrali. Con la collaborazione del bioinformatico Andrea Califano, altro italiano alla Columbia, Iavarone ha identificato i due geni che, come direttori d'orchestra (*master gene*, o geni master), regolano la transizione delle cellule da normali a tumorali passando per il fenotipo mesenchimale, una condizione associata a particolare aggressività. Alla scoperta i National Institutes of Health statunitensi hanno reagito con un finanziamento straordinario di vari milioni di dollari per i due ricercatori. Con l'obiettivo di arrivare – si parla di anni, beninteso – a nuovi farmaci contro la malattia.

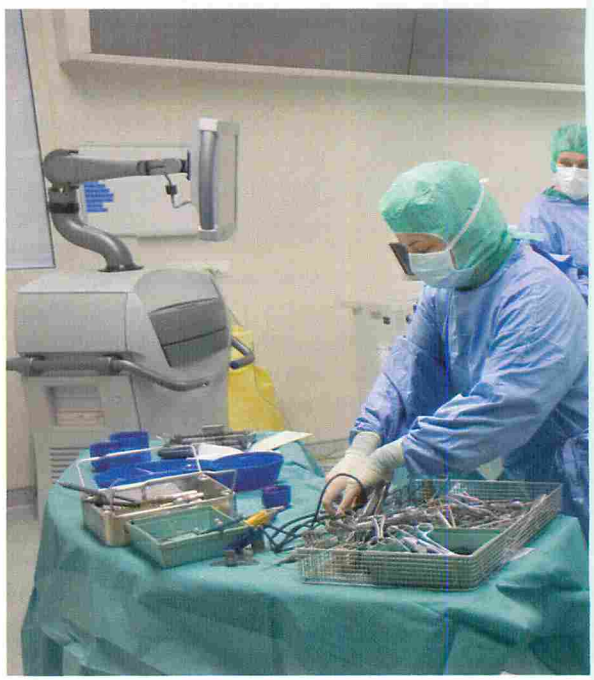
Partiamo dai due direttori d'orchestra: chi sono e che cosa fanno questi geni master?

Si chiamano *C/EBP-beta* e *STAT3*, e sono due fattori di trascrizione, cioè geni che modulano l'attività di altri geni. Entrambi sono attivi, in momenti diversi, durante lo sviluppo embrionale del sistema nervoso: il primo stimola la formazione di neuroni e il secondo quella di un altro tipo di cellule nervose, le cellule gliali. In età adulta dovrebbero essere spenti, ma abbiamo scoperto che in molti casi di glioblastoma (quelli più aggressivi) sono entrambi ancora accesi. Questo provoca l'attivazione di una serie di altri geni responsabili del fenotipo mesenchimale, una condizione aberrante caratterizzata da un'estrema capacità delle cellule di invadere altre regioni del cervello.

Perché la scoperta di questi due geni ha suscitato tanto entusiasmo?

Proprio perché si tratta di geni che rappresentano il motore molecolare del tumore. Non ci siamo limitati a descrivere *che cosa* succede in un tessuto con fenotipo mesenchimale, ma abbiamo capito *perché* succede. E succede perché *C/EBP-beta* e *STAT3* sono accesi quando non dovrebbero. Significa che se riusciamo a identificare molecole in grado di inibire la loro attività abbiamo buone speranze di sviluppare farmaci efficaci. In questo senso siamo confortati dai nostri risultati sui modelli animali: spegnendo *C/EBP-beta* e *STAT3* in topi malati, i loro tumori regrediscono.

Come si può arrivare a capire davvero quali sono le cause molecolari di un tumore cerebrale?

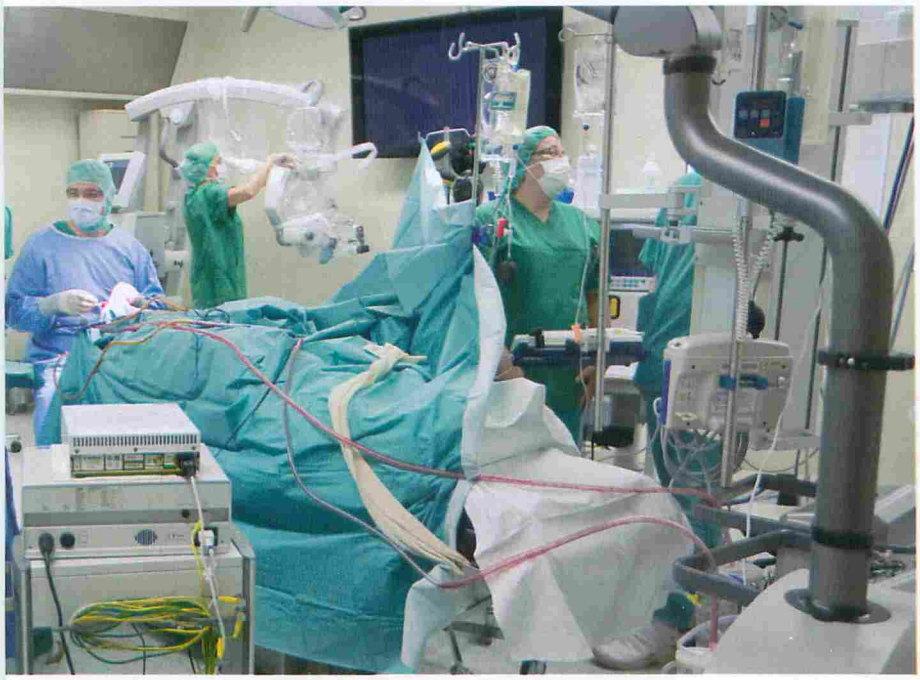


Innanzitutto conoscendo molto bene i dettagli dello sviluppo embrionale del tessuto nervoso, perché i tumori «prendono in prestito» molti geni che dovrebbero essere attivi solo in quel momento. E perché, per vari aspetti, le loro cellule somigliano molto alle staminali embrionali dalle quali si forma il cervello.

Che cosa succede esattamente durante lo sviluppo del sistema nervoso?

Gli eventi cruciali cui vanno incontro le staminali embrionali sono due: per prima cosa crescono e si moltiplicano, per costituire la massa del cervello. In seguito perdono questa capacità e acquisiscono quella di differenziarsi, dando origine a cellule gliali e neuroni maturi. Le cellule tumorali,

Cortesia Antonio Iavarone (*Iavarone*), Arctic-Images/Getty Images (*sala operatoria*)



TERAPIA CHIRURGICA. Un gruppo di chirurghi sta operando per rimuovere un tumore al cervello. La scoperta di Antonio Iavarone e colleghi (*in alto*) di due geni responsabili delle forme più aggressive di glioblastoma apre la strada a potenziali terapie farmacologiche per questo tipo di tumore cerebrale.

Cortesia Antonio Iavarone

in pratica, recuperano un'analoga capacità di crescere, ma non la perdono più.

Ci sono altri esempi di recupero di funzioni embrionali in cellule tumorali, oltre al caso dei geni master del glioblastoma?

Già alcuni anni fa avevamo scoperto, lavorando con i topi, che per il primo passo dello sviluppo delle cellule staminali embrionali è fondamentale la presenza di un gruppo di proteine chiamate Id (inibitori del differenziamento): i geni che codificano per queste proteine devono essere accesi per permettere alle staminali di crescere, ma in seguito si devono spegnere. Dopo la nascita, quindi, non si dovrebbero più trovare proteine Id, almeno nei tessuti normali. Invece abbiamo scoperto che alcune di queste proteine sono presenti in gran quantità nel neuroblastoma, un particolare tipo di tumore infantile del tessuto nervoso. Anzi, sono associate proprio alle caratteristiche più aggressive del neuroblastoma.

Nel caso di Huwe1 il meccanismo è opposto. Si tratta di una proteina coinvolta, in condizioni normali, nel passaggio verso la seconda fase dello sviluppo embrionale, quella in cui le staminali cominciano a differenziarsi. Huwe1 promuove la degradazione delle proteine Id, dicendo alla cellula che è giunto il momento di maturare. Abbiamo scoperto che, in molti casi di glioblastoma multiforme, Huwe1 è assente.

Come procederà la ricerca sui vari fronti?

Nel caso dei geni *C/EBP-beta* e *STAT3* stiamo cercando di capire, sempre in collaborazione con Andrea Califano per la parte bioinformatica, quali sono le alterazioni genetiche responsabili del comportamento anomalo di questi fattori di trascrizione nei tumori. Inoltre cerchiamo di identificare molecole che siano in grado di bloccare i due geni, da sviluppare come terapia. E seguiamo un approccio analogo per le proteine Id: abbiamo già sviluppato alcuni brevetti legati alla possibilità di usarle come bersaglio di nuove terapie.

Mentre di solito le terapie antitumorali si dirigono contro singoli enzimi, il nostro obiettivo è provare a bersagliare i fattori di trascrizione: una strategia innovativa e, ci sembra, potente. Per quanto riguarda Huwe1, infine, abbiamo cominciato a studiarne il coinvolgimento in altri tipi di tumori infantili del sistema nervoso.

Di recente, lei è stato invitato come relatore a un convegno organizzato a Roma dalla FIAGOP, federazione che riunisce le associazioni di genitori di bambini malati di tumore. Quanto è importante il sostegno alla ricerca di questo tipo di associazioni?

Intanto è un forte segnale del fatto che la ricerca, anche di base, è percepita come una risorsa fondamentale per sperare di arrivare un giorno a una terapia. E poi c'è il sostegno concreto: in quell'occasione è stata lanciata una raccolta di fondi per istituire una borsa di studio per una ricerca da svolgere nel mio laboratorio.

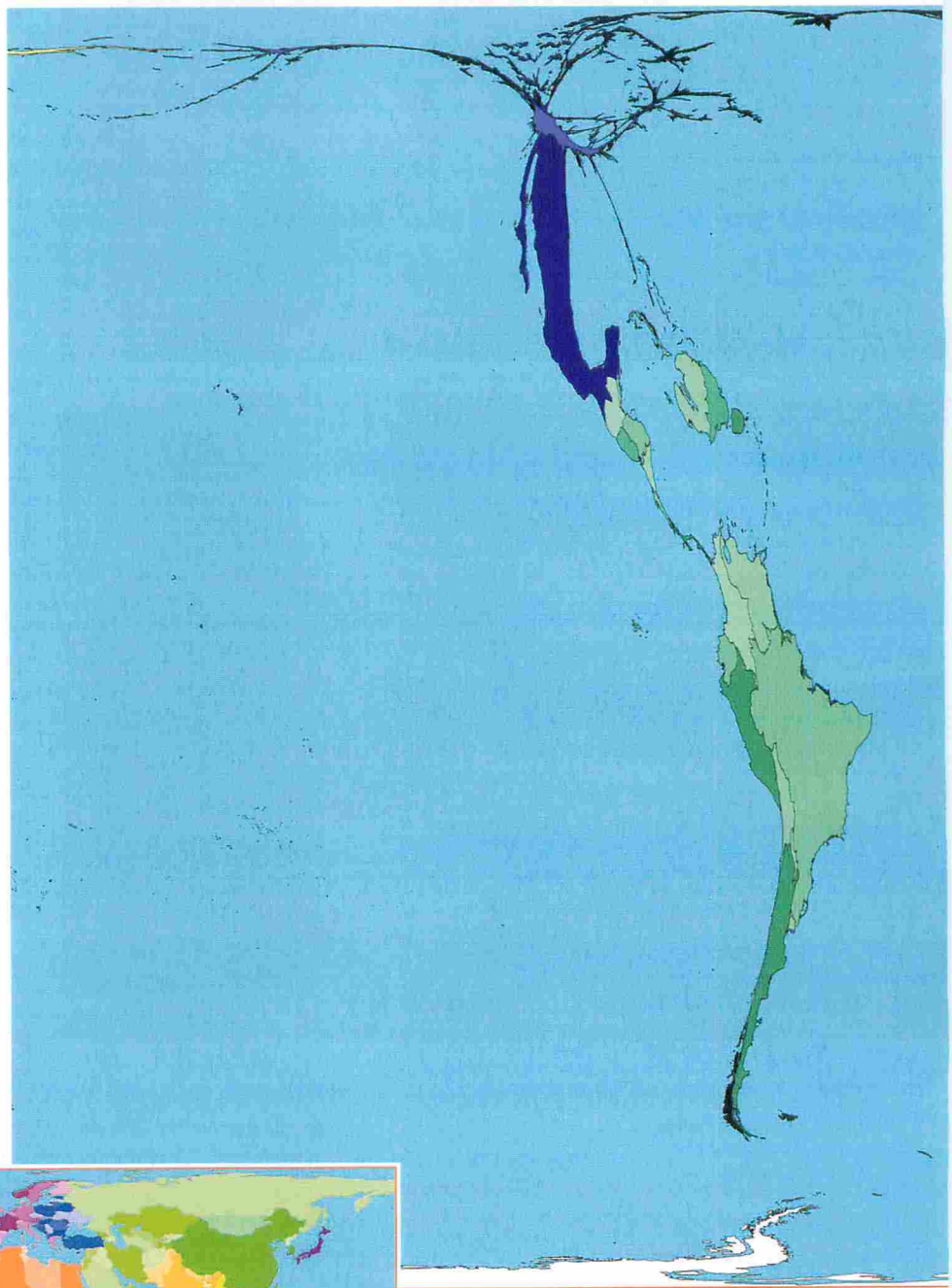
Tengo molto a iniziative che permettano a giovani scienziati italiani di ricevere una nuova formazione all'estero. La mia ambizione è contribuire a far sì che queste persone possano fare massa e realizzare, in Italia, nuovi centri di ricerca di alto livello, con criteri di reclutamento basati solo sulla capacità. Che dice: un sogno?

L'importanza dei servizi igienici

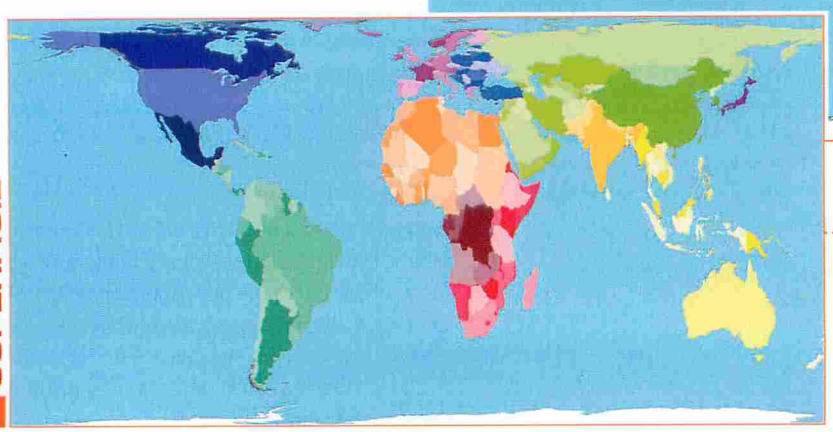
Dei circa 560 milioni di bambini in età prescolare che vivono in paesi poveri o in via di sviluppo, il 32 per cento soffre di rachitismo e il 20 per cento è sottopeso. Queste due condizioni sono responsabili del 20 per cento circa dei decessi di bambini di meno di cinque anni di età e causano deficit cognitivi con tutto ciò che ne consegue: dalle scarse prestazioni scolastiche a una minore produttività nell'età adulta.

Le cause principali di queste condizioni vanno cercate nella denutrizione e nell'assenza di regimi nutritivi adeguati. Ma come ha sottolineato un'analisi pubblicata poco tempo fa da «The Lancet», un altro importante fattore che limita la crescita sana dei più piccoli e la vita degli adulti è la mancanza di servizi igienici di base: cioè la disponibilità di latrine e più in generale di sistemi che impediscano contatti con feci, umane o animali, oltre alla possibilità di lavarsi le mani, misura semplice ma estremamente efficace.

Attualmente il 39,8 per cento della popolazione mondiale non ha accesso a servizi igienici. Ovvero circa 2,5 miliardi di persone vivono in ambienti dove è facile contrarre infezioni debilitanti di origine batterica e parassitaria, che possono pesare per tutta la vita. Sono infezioni facili da curare, bastano farmaci poco costosi, che però spesso non sono accessibili alle persone interessate (*si veda l'articolo a p. 78*).



Le dimensioni dei paesi sono proporzionali al numero di persone residenti che non ha accesso a servizi igienici. Nella mappa in basso le dimensioni reali dei paesi.

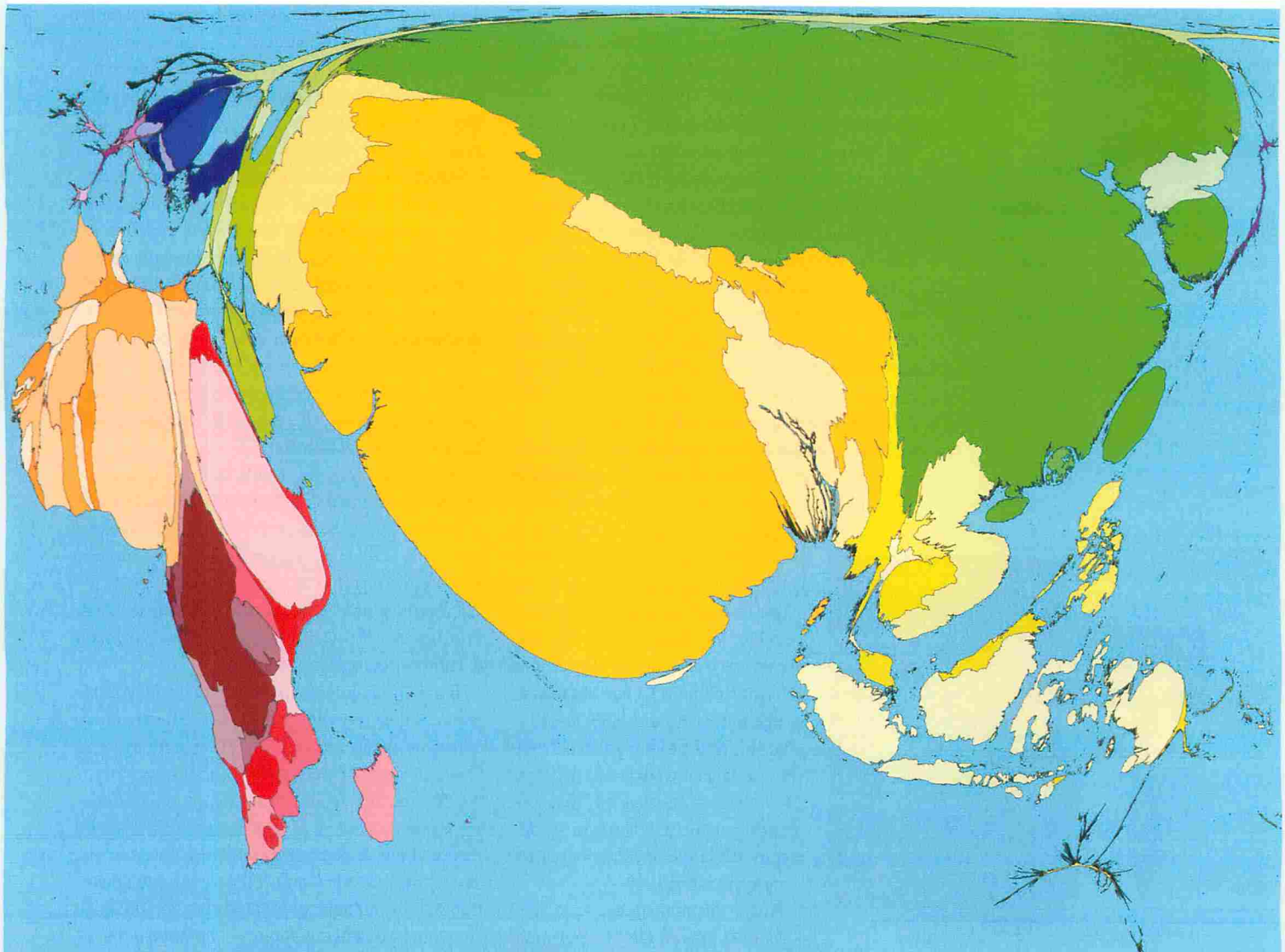


SUPERFICIE

Note tecniche:

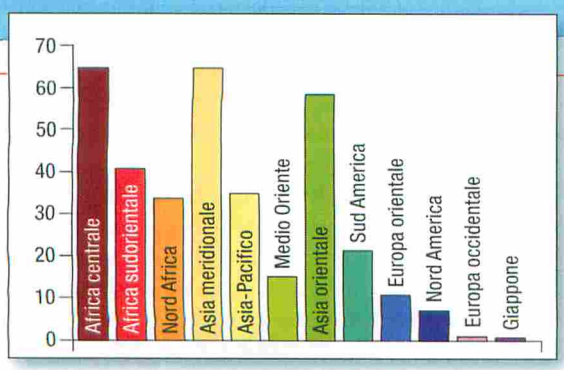
- Fonte dei dati: Human Development Report 2004 dello United Nations Development Programme.
- *In 50 paesi meno del due per cento della popolazione non ha accesso a misure igieniche di base.

www.worldmapper.org
©Copyright 2006 SASI Group (Università di Sheffield)
e Mark Newman (Università del Michigan)



Dove mancano i servizi

Percentuale della popolazione che non ha accesso a misure igieniche di base



Dal disastroso Rwanda alla virtuosa Cuba

Percentuale di persone che non ha accesso a misure igieniche di base, dati del biennio 2000-2002*

	Paese	
1	Rwanda	92
2	Etiopia	88
3	Eritrea	87
4	Cambogia	83
5	Niger	80
6	Rep. Dem. del Congo	79
7	Benin	77
8	Rep. Centrafricana	75
9	India	72
9	Haiti	72

	Paese	
141	Antigua & Barbados	5
142	St.Vincent-Grenadines	4
142	Thailandia	4
142	Cile	4
143	Saint Kitts & Nevis	4
146	Grenada	3
147	Libia	3
148	Comore	2
148	Egitto	2
148	Cuba	2

Come rompere lo stallo sul clima

di Jeffrey D. Sachs
Direttore dell'Earth Institute della Columbia University, Consigliere speciale del Segretario generale delle Nazioni Unite

È sempre più probabile che durante questa sessione il Congresso degli Stati Uniti non approvi una legge sul clima: gli ostacoli sono tanti, e probabilmente aumenteranno, come è avvenuto per la legge sulla sanità. Il presidente Barack Obama non può prescindere dal mettere in riga il suo partito sulla questione. Diversi senatori democratici hanno già chiesto a Obama di non fare più pressioni per approvare una legge entro il 2010, visto l'avvicinarsi delle elezioni di metà mandato.

I punti critici sono diversi, probabilmente il più importante riguarda l'opinione pubblica. Un sondaggio ha mostrato che solo il 36 per cento degli statunitensi ritiene che il cambiamento del clima è causato da attività umane, contro il 47 per cento del 2008. Forse l'aumento della disoccupazione ha reso meno disponibili ad accettare cattive notizie sul tenore di vita. Inoltre c'è una gran confusione riguardo la scienza del clima e i possibili rimedi.

I poteri forti legati al carbone e al petrolio rivestono il loro prevedibile ruolo. La metà degli Stati del paese estrae carbone, il 30 per cento estrae petrolio. Negli Stati grandi produttori di carbone o di petrolio l'opposizione all'azione climatica è ben organizzata e potente del punto di vista politico. Gli Stati produttori di petrolio che si affacciano sul Golfo del Messico tendono a resistere ad azioni climatiche, anche se il Golfo probabilmente sta già sperimentando uragani sempre più intensi.

Anche gli ambientalisti sono divisi. Molti si oppongono al nucleare e all'uso del carbone, anche con la cattura e il sequestro dell'anidride carbonica. Altri hanno combattuto molti progetti per fonti rinnovabili, opponendosi all'eolico lungo le coste e vicino alle aziende agricole, al solare termico nel deserto e a elettrodotti ad alta tensione vicino zone residenziali.

Un altro fattore riguarda l'approccio poco deciso a una legge sul clima. Invece di definire un piano per un'economia a basso contenuto di carbonio, la Casa Bianca ha lasciato i negoziati in mano al Congresso e ai lobbysti. Il risultato è stato una bozza di legge caotica, difficile da capire per l'opinione pubblica e ricca di finanziamenti nascosti e palesi ai poteri forti, specialmente nella ripartizione dei diritti di emissione in un sistema *cap-and-trade* (in cui si fissa un massimo alle emissioni, suddiviso in un determinato numero di permessi commerciabili distribuiti tra i partecipanti).

Forse la legge ha qualche possibilità di essere approvata, che sarebbe l'opzione migliore, visto dove siamo arrivati. Ma il clima e il mondo non possono aspettare. È necessario un approccio diverso.

Anzitutto l'Environmental Protection Agency, l'ente per la protezione ambientale, ha il mandato di agire seguendo il Clear Air Act, cioè una serie di norme approvate per ridurre l'inquinamento dell'aria. Quindi l'ente potrebbe imporre una tabella di marcia per i produttori di elettricità e i veicoli, responsabili del 75 per cento circa delle emissioni di anidride carbonica. C'è anche un sostegno diffuso ai finanziamenti necessari per la ricerca e a un'efficienza energetica basata su tecniche di isolamento ed edilizia verde.

Inoltre, se il cap-and-trade stenta a essere approvato, governo e Congresso dovrebbero rivedere la loro opposizione a una *carbon tax*, un'opzione molto più semplice. Una tassa del genere sarebbe molto più efficace di un sistema cap-and-trade ingombrante e non trasparente, e potrebbe ottenere un consenso più ampio come parte di un pacchetto di leggi per la riduzione del deficit.

E ancora: l'opinione pubblica ha bisogno di un piano. Il governo vuole ridurre del 17 per cento le emissioni di gas serra entro il 2020, ma non ci ha spiegato come vuole raggiungere questo obiettivo. Le persone temono che anche un piano modesto possa far perdere posti di lavoro e abbassare il tenore di vita. È giunto il momento di spiegare con chiarezza i cambiamenti nella generazione di elettricità, la tecnologia automobilistica e l'efficienza energetica con cui raggiungere l'obiettivo a un costo modesto e con grandi benefici.

In ultimo, è tempo di rispondere con fermezza agli scettici che stanno fuorviando l'opinione pubblica. Il «Wall Street Journal» guida una campagna contro la scienza del clima, con editoriali che accusano gli scienziati di cospirazione di massa. Ho ripetutamente invitato il giornale a incontri pubblici con gli scienziati, ma ogni invito è stato respinto.

Ascoltiamo di più John P. Holdren, consigliere scientifico del presidente, il premio Nobel Steven Chu, segretario per l'energia, la National Academy of Sciences e le altre autorità. L'opinione pubblica apprezzerà il fatto che la comunità scientifica sta lavorando con impegno, rigore e onestà per capire meglio il funzionamento del clima. Per la nostra comune sicurezza e benessere.

Bruce Gilbert/Earth Institute (*Sachs*); Matt Collins (*illustrazione*)

ESOF2010

EUROSCIENCE OPEN FORUM
TORINO, 2-7 LUGLIO
Pa Ss io n Fo r Sc ie n Ce

Iscriviti adesso.

Diventa protagonista.

www.esof2010.org

Credits: Giovanni Fontana

Dal 2 al 7 luglio, Torino ospiterà la quarta edizione di ESOF

ESOF - Euroscience Open Forum - è il meeting internazionale biennale dedicato alla ricerca scientifica e all'innovazione tecnologica, aperto a scienziati, ricercatori, aziende e semplici appassionati. Ideato da Euroscience, ESOF approfondisce le relazioni fra scienza e società e individua le politiche più efficaci a sostegno della ricerca.

A tu per tu con la scienza

Durante ESOF2010, il Centro Congressi del Lingotto ospiterà tavole rotonde, seminari e dibattiti (**Scientific Programme**), mentre negli spazi espositivi del Lingotto Fiere verrà data visibilità alla ricerca scientifica e tecnologica europea (**Exhibition**). Vi saranno poi una serie di attività per i giovani ricercatori (**Career Programme**) e appuntamenti dedicati alle imprese e ai potenziali imprenditori per sviluppare nuovi business ad alta innovazione (**Science to Business Programme**). Più in generale, sarà l'intera città di Torino a parlare di scienza, ospitando nelle sue piazze iniziative sorprendenti e originali (**Science in the City Programme**).

Scientific Programme, cuore di ESOF2010

Un focus coinvolgente per approfondire **10 temi**:

- Vite sostenibili, mobilità sostenibili
- Evoluzione, sviluppo e adattamento degli organismi
- Oltre e dentro il nostro mondo quantistico
- Come rispondere alle sfide globali
- Frontiere della ricerca energetica
- Scienza, conoscenza, credenze
- Memoria e apprendimento negli organismi e nei sistemi sociali e artificiali
- Linguaggi, culture e diversità
- Integrare ricerca e salute pubblica
- Politiche per la ricerca

Interverranno 454 speaker da 39 paesi, tra cui 7 premi Nobel. Sono previste 105 sessioni, 18 Keynote Lecture, 1 Opening Lecture, tenuta da **Julia Fischer** e 4 Plenary Lecture a cura di **Peter Agre**, **Kurt Wüthrich**, **Ada Yonath** e **Anton Zeilinger**.

ESOF è ideato da:

ES Euroscience

ESOF2010 è organizzato da Associazione TopESOF - Torino per ESOF2010 costituita da:

COMPAGNIA di San Paolo

Agorà Scienza Centro Interuniversitario

Centro Scienza

Oggetti «borderline»

di Elena Castellani
Professore associato, Dipartimento di filosofia, Università di Firenze

Se è vero, come diceva il logico e filosofo Willard Van Orman Quine, che «abbiamo l'inclinazione a parlare di oggetti e a pensare a oggetti» e «ci ostiniamo a dividere la realtà in una molteplicità di oggetti identificabili e discriminabili», fino a che punto si può spingere questa nostra attività «oggettificante»? E se il modello è offerto dagli oggetti che ci circondano, come le sedie, i tavoli e via dicendo, come ci comportiamo quando si considerano ambiti molto lontani dall'esperienza comune?

Nell'uso quotidiano, così come in buona parte della letteratura filosofica, quando si parla di «oggetti fisici», cioè degli oggetti nei termini dei quali «dividiamo» il mondo fisico, s'intendono di solito «cose» che hanno una certa massa (corpi) e una precisa collocazione nello spazio e nel tempo, che persistono (sono re-identificabili nel tempo) e sono distinguibili da altre «cose» simili. In che modo esattamente un oggetto sia identificabile sulla base di questi criteri e se questi siano sufficienti per caratterizzare un oggetto come tale sono questioni tradizionali del dibattito filosofico.

GLI OGGETTI MICROSCOPICI richiedono una descrizione quantistica, e una nuova definizione di ciò che chiamiamo «oggetto». È stato uno dei temi su cui si è appuntata la riflessione del grande filosofo e logico statunitense Willard Van Orman Quine.

Ma gli oggetti fisici non sono solo quelli ordinari, che possiamo vedere o toccare. Le sedie e i tavoli sono costituiti da altri oggetti, via via più piccoli, fino ad arrivare alle molecole e poi agli atomi, che a loro volta sono costituiti da altri oggetti ancora più piccoli, le cosiddette particelle elementari. Che tipo di oggetti sono queste particelle microscopiche, le cui dimensioni sono così lontane da quelle della nostra esperienza quotidiana e la cui descrizione, in termini fisici, richiede una teoria quantistica?

Le particelle microscopiche non sembrano infatti soddisfare tutti i criteri visti sopra: alcune particelle non hanno massa (come il fotone); le particelle quantistiche, per l'impossibilità di misurare con precisione la posizione e la velocità in uno stesso istante (principio d'indeterminazione), non hanno una traiettoria spazio-temporale definita, e, in determinate situazioni, non ci sono criteri fisici per distinguerle da altre particelle simili. E, infine, che tipo di oggetti sono i quark che non possono essere osservate come particelle libere, o quelli la cui esistenza è solo virtuale (cioè per periodi di tempo brevissimi)?

È chiaro che gli oggetti della microfisica rappresentano un tipo molto particolare di oggetti, per caratterizzare i quali non vanno bene i tradizionali criteri di identificazione. Questo ha spinto alcuni a considerarli casi «borderline» di oggetti, da trattare a parte. Questa strategia separatista ha il vantaggio di permettere di accantonare i problemi specifici posti dagli oggetti microscopici, ma quello che si nasconde sotto il tappeto rispunta fuori: se le particelle elementari sono i costituenti o le «parti» di tutti gli oggetti fisici, come ignorare le «parti» trattando degli «interi» (gli oggetti di cui sono le componenti)? Il problema non si pone se si adotta invece una posizione unitaria: gli oggetti microscopici, per quanto borderline, sono da includere a tutti gli effetti nella categoria degli oggetti fisici, e vanno cercati nuovi criteri d'identificazione più generali.

In un suo noto saggio del 1976, *Whither Physical Objects?*, Quine ci offre un esempio significativo di dove possa approdare questa ricerca. Nel tentativo di arrivare a una nozione molto comprensiva di oggetto fisico, che includesse anche i processi fisici, gli eventi e, naturalmente, le particelle elementari, finiva per ottenere una progressiva «evaporazione» degli oggetti stessi: da «corpi» a «regioni spazio-temporali» e, infine, a «puri insiemi di coordinate numeriche».

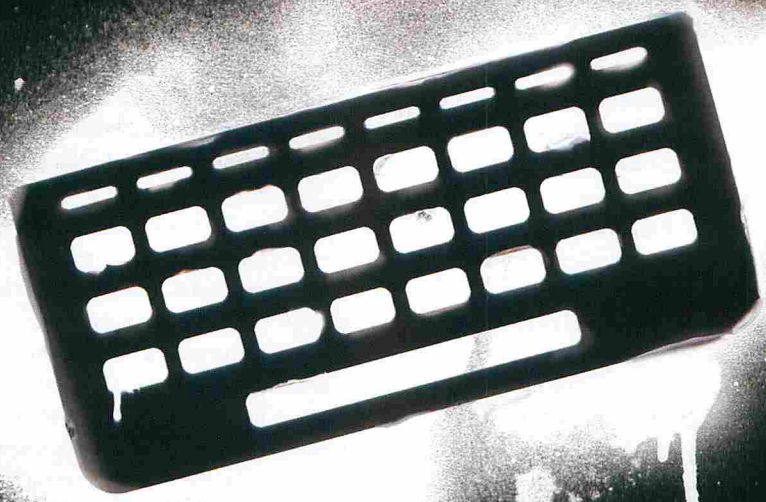
Un'altra via è quella di generalizzare agli oggetti ordinari i criteri di identificazione suggeriti dallo studio delle particelle elementari e dei principi di simmetria al cuore delle teorie che le descrivono: un oggetto è costituito come «portatore di proprietà invarianti» – per esempio la carica o la massa (a riposo) – che sono caratterizzabili nei termini delle simmetrie della teoria. La nozione è generale, e questo è un vantaggio, ma rimane sul tappeto un problema di fondo: come caratterizzare l'individualità degli oggetti così definiti.

Julia Malakie/AP Photo/LaPresse

www.samsungmobile.it

SAMSUNG

TURN ON TOMORROW



Corby Generation
Color by Samsung

B5310 Corby Pro

Con il nuovo Corby Pro Touch screen puoi chattare nel modo più facile e veloce.

In esclusiva nei 3 Store.
Anticipo 0€ con Scegli[10] di 3*.

* Per il finanziamento dell'acquisto del videofonino® il Cliente si impegna a corrispondere a Compass 23 rate mensili dell'importo di 10€, più la maxi rata finale, tramite addebito RID (addebito su Conto Corrente). Servizio finanziario di Compass S.p.A. - Socio unico, direzione e coordinamento: Mediobanca S.p.A. Messaggio pubblicitario con finalità promozionale. Per le condizioni contrattuali si rimanda ai fogli informativi a disposizione della Clientela presso le filiali Compass S.p.A., sul sito www.compassonline.it e presso i 3 Store. TAN massimo 13,18%, TAEG massimo 14,00%. Offerta valida fino al 30/06/2010. Salvo approvazione di Compass S.p.A. alla richiesta di finanziamento.
Scegli[10] di 3 sottoscrivibile con Carta di Credito o RID, impegno di 24 mesi, ricarica mensile obbligatoria di 10€, corrispettivo per recesso anticipato. Per info su copertura, condizioni e costi www.tre.it o i 3 Store.

Genoma completato?

di Edoardo Boncinelli
Università Vita-Salute
San Raffaele, Milano

Il genoma è il patrimonio genetico che ogni cellula di un organismo porta dentro di sé. Contiene le istruzioni per l'uso di cui ogni organismo ha bisogno ogni ora di ogni giorno della sua vita. Queste istruzioni sono scritte con un alfabeto di quattro lettere – A, G, C e T – su una delle due eliche di una lunghissima molecola di DNA. In particolare il genoma umano è il genoma specifico degli individui della nostra specie, e contiene una successione di tre miliardi di lettere, dette più propriamente nucleotidi. Questa ricchezza di informazione – quasi un gigabyte – è necessaria per far funzionare un organismo complesso come il nostro. Quasi vent'anni fa abbiamo deciso di determinare la sequenza completa di questi nucleotidi, e grazie a un notevole sforzo collettivo ci siamo riusciti.

Una storia già sentita, si dirà. Certo, sentita e risentita, ma non conclusa. Nel 2000 ci fu il primo, pomposissimo annuncio di completamento dell'impresa, e l'anno successivo la pubblicazione della sequenza stessa. Ma fu subito chiaro che mancavano molti piccoli tratti e altri erano rimaneggiati, a causa della fretta e del sistema stesso usato per isolare e amplificare i vari segmenti che costituiscono il genoma. Per questo nel 2003 ci fu un secondo annuncio. La pubblicazione avvenuta l'anno successivo rivelò enormi miglioramenti, ma mostrò chiaramente diverse difficoltà, concentrate in alcuni tratti distribuiti un po' qua e un po' là. Infine nel 2006 fu pubblicata la versione dichiarata definitiva. Ma ancora oggi sono numerosi gli scienziati che ci lavorano. Perché?

PRIMO ANNUNCIO. Il 26 giugno 2000, l'allora presidente degli Stati Uniti Bill Clinton (*al centro*), Craig Venter, presidente di Celera Genomics (*a sinistra*), e Francis Collins, direttore dei National Institutes of Health (*a destra*), annunciano il sequenziamento del genoma umano.

Ron Edmonds/APPhoto/LaPresse

Per diversi motivi (si veda Dolgin E., in «Nature», Vol. 462, pp. 843-845). Il principale è da ricercarsi nel fatto che in origine è stata analizzata una miscela di DNA di diverse persone, per ragioni di *privacy*, pensando di identificare «il nostro patrimonio genetico comune». In seguito si è verificato che i genomi di individui diversi sono molto diversi fra loro, molto più di quanto si pensasse, e possono contenere anche centinaia di migliaia di differenze, piccole e non. In moltissime posizioni si trovano nucleotidi diversi in individui diversi, e alcuni tratti sono costituiti dalla ripetizione di piccole sequenze di nucleotidi che sono in numero diverso da persona a persona. Qual è il genoma umano? Se per alcune regioni questo non è molto importante, per altre è cruciale, soprattutto nelle sequenze corrispondenti ai geni o ai gruppi di geni.

In tempi recenti sono stati analizzati due genomi di persone singole e anche il genoma di un singolo gamete, che contiene quindi una sola copia di ogni sequenza genomica. Questi studi hanno confermato l'incredibile eterogeneità esistente tra individuo e individuo o anche all'interno dello stesso individuo. Occorre quindi mettere insieme questi dati diversi e reinterpretare molte regioni risultate controverse. Occorre poi isolare con nuovi metodi le regioni che avevano dato più problemi con i vecchi. Non è un lavoro simpatico, ma qualcuno lo deve pur fare, e lo sta già facendo.

C'è un altro problema. In alcune regioni la diversità è intrinseca e necessaria perché è fisiologica. Prendiamo l'enorme regione del nostro cromosoma 6 che contiene il «complesso maggiore di istocompatibilità» (MHC), che controlla la fattibilità dei trapianti e tante altre cose. Questa regione deve essere diversa nei diversi individui e non ha senso definire quella canonica, se non scegliendo la più rappresentata nelle popolazioni, riportandone le alternative più frequenti. Per ottenere questo e coprire altre regioni eterogenee, si sta determinando la sequenza individuale di 2000 persone di tutti i continenti. L'operazione promette bene, e presto sapremo anche questi ulteriori dettagli del nostro genoma.

Ma resta un problema insolubile. Per sapere quali differenze nucleotidiche sono essenziali e quali no occorrerebbe determinare le sequenze dei genomi di tutti gli esseri umani, presenti, passati e... futuri. E collegarle alle loro caratteristiche biologiche, normali o patologiche. C'è quindi una sorta di indeterminazione del genoma umano: per conoscerlo occorre analizzare un numero potenzialmente infinito di individui. Altrimenti un margine di incertezza ci sarà sempre: un nuovo principio di indeterminazione?

Come scegliere il migliore?

di Piergiorgio Odifreddi
professore ordinario di logica matematica all'Università di Torino e visiting professor alla Cornell University di Ithaca (New York)

Supponiamo che venga enumerata una lista di n numeri interi in ordine sparso, e che noi abbiamo la possibilità di sceglierne uno e uno solo: qual è la strategia ottimale che dobbiamo seguire, per prenderne uno grande? Se possiamo aspettare a scegliere fino all'esaurimento della lista, basta ovviamente prendere il numero più alto che è stato enumerato. Ma se invece dobbiamo scegliere il numero nel momento in cui viene enumerato, all'insegna del motto «ogni lasciato è perso», allora le cose si complicano: scegliendo un numero a caso, abbiamo solo una probabilità su n che sia effettivamente il massimo, e il problema è vedere se si possa fare meglio di così.

Una soluzione possibile, trovata nel 1966 da John Gilbert e Frederick Mosteller, consiste nel «lasciar passare i primi m numeri, e scegliere il primo numero maggiore di essi che venga enumerato in seguito». Se il massimo numero della lista è nei primi m, non è possibile che venga scelto. In caso contrario è invece possibile, e tutto dipende da quando il massimo viene generato. Se è l'$(m+1)$-esimo elemento, il che avviene con probabilità $1/n$, viene scelto in ogni caso. Se il massimo è l'$(m+2)$-esimo elemento, il che di nuovo avviene con probabilità $1/n$, viene scelto a meno che l'$(m+1)$-esimo elemento sia maggiore dei primi m (nel qual caso viene prima scelto quello), il che avviene con probabilità $1/m + 1$: dunque, l'$(m+2)$-esimo elemento viene scelto con probabilità $1/n$ moltiplicato per $m/(m + 1)$. Se il massimo è l'$(m+3)$-esimo elemento, analogamente viene scelto con probabilità $1/n$ moltiplicato per $m/(m + 2)$, e così via.

DOPO UN TERZO. Per avere la probabilità massima di scegliere il numero più grande di una serie finita di interi enumerati a caso, si deve attendere l'estrazione di un terzo della serie e quindi scegliere il primo numero più grande rispetto a quelli già estratti.

Tomaz Levstek/iStockphoto

La probabilità totale di scegliere il massimo è dunque pari a $1/n$ moltiplicato per la somma di 1 più $m/(m + 1)$ più $m/(m + 2)$, via via fino a $m/(n - 1)$. Se si calcola questa probabilità in funzione di m, si scopre che per n fissato la curva ha un massimo, e che al crescere di n questo massimo tende a un valore di circa 0,37, che corrisponde a una scelta di m pari a circa un terzo di n: la strategia considerata è dunque sostanzialmente migliore che scegliere un numero a caso, la cui probabilità di scegliere al meglio tende invece a 0 con il crescere di n.

Per capire da dove arrivano la probabilità 0,37 e la scelta di un terzo di n, basta notare che nella determinazione precedente interviene un fattore pari a m per la somma degli inversi degli interi fra $m + 1$ e $n - 1$: l'ultima somma è l'intervallo della serie armonica fra quei due interi e, se indichiamo con $H(a)$ la somma parziale della serie armonica fino a $1/a$, equivale a $H(n - 1) - H(m)$. Dunque, abbiamo per la probabilità una formula esplicita pari a $1/n$ per $1 + m\,(H(n - 1) - H(m))$.

Per poter trattare questa formula con i metodi dell'analisi, e trovarne il massimo azzerandone la derivata, dobbiamo trasformarla in qualcosa di più maneggevole. L'idea viene da un'intuizione di Eulero, che nel 1735 notò nelle sue *Osservazioni sulle progressioni armoniche* che la serie armonica va all'infinito molto lentamente: più precisamente, come il logaritmo naturale. Anzi, la serie armonica e il logaritmo sono «paralleli» al limite, nel senso che la differenza tra $H(n)$ e il logaritmo naturale di n tende al limite a una costante che si indica con γ e vale circa 0,577.

La connessione con il logaritmo non è difficile da capire: in fondo la serie armonica non è altro che la somma dei valori della funzione $1/x$ per argomenti interi, e corrisponde a un'approssimazione discreta del suo integrale, che è appunto il logaritmo naturale. Quanto a γ, è forse la più importante tra le costanti matematiche meno importanti (quelle, cioè, diverse dalla sezione aurea, la radice di 2, pi greco, la base e dei logaritmi naturali e l'unità immaginaria i), e a essa è stato dedicato da Julian Havil un bel libro intitolato appunto *Gamma: Exploring Euler's Constant* (Princeton University Press, 2003).

Approssimando dunque $H(n)$ con $\gamma + \log n$, l'espressione $H(n - 1) - H(m)$ diventa semplicemente la differenza dei logaritmi di $n - 1$ e m, e dunque il logaritmo di $(n - 1)/m$. A questo punto si può calcolare direttamente la derivata della probabilità, e scoprire che essa si azzera quando $(n - 1)/m$ è uguale a e: dunque, all'incirca quando n/m è uguale a e, ossia quando m è uguale a n/e e la probabilità è uguale a $1/e$, cioè appunto a circa 0,37. Il che dimostra che, nelle scelte della vita, è «naturale» lasciar passare all'incirca un terzo delle occasioni che ci vengono offerte, e scegliere poi la prima che è migliore di quelle che abbiamo avuto finora: sperando, naturalmente, che arrivi!

Il nome della luce

di Roberto Battiston
Professore ordinario
di fisica sperimentale
all'Università di Perugia
www.robertobattiston.it

Pavel Alekseevič Čerenkov, classe 1904, è stato un fisico russo che ha preso il Nobel per avere scoperto nel 1932 il fenomeno fisico che porta il suo nome, l'emissione di luce Čerenkov. È un effetto fisico di grande interesse, spiegabile con la teoria classica dell'elettrodinamica, che viene oggi sfruttato negli esperimenti di fisica delle alte energie per misurare con precisione la velocità delle particelle relativistiche.

La luce attraversa i diversi materiali con una velocità minore che nel vuoto, e la misura di questo rallentamento è data dall'indice di rifrazione n, un numero sempre maggiore o eguale a 1: n è tanto più grande quanto più lentamente viaggia la luce in quel mezzo. Per esempio, nell'acqua la luce è più lenta di un terzo, e in certi vetri va due volte più piano che nel vuoto. Ma le particelle cariche possono attraversare la materia a una velocità prossima a quella della luce. Essendo cariche sono circondate da un campo elettrico formato da fotoni, ancorché virtuali: di norma, infatti, una carica elettrica non emette luce. Quando però attraversa un mezzo con un indice di rifrazione maggiore di 1 la luce rimane indietro rispetto alla particella, creando un caratteristico cono di luce bluastra, tanto più aperto rispetto alla direzione di moto della particella quanto più grande è l'indice di rifrazione del mezzo.

I TELESCOPI MAGIC I E MAGIC II situati sul vulcano Taburiente, nell'isola di La Palma, alle Canarie, sono i più grandi rivelatori terrestri di raggi gamma mai costruiti. Il loro principio di funzionamento è basato sull'effetto Čerenkov.

Quello che è meno noto è come questo effetto sia stato scoperto dal giovane Čerenkov quando era dottorando dell'accademico Nikolai Vavilov all'Istituto di fisica di San Pietroburgo. Čerenkov era stato incaricato dello studio della debole luminescenza emessa da sali di uranio bombardati da raggi gamma. Per misurare questo effetto si usava un collimatore che veniva chiuso progressivamente fino a che l'intensità luminosa scendeva al di sotto della soglia di rivelazione del sensore. Piccolo dettaglio: il sensore era l'occhio dello studente Čerenkov, che si sottoponeva metodicamente a quotidiane sedute di misura, dopo essersi adattato al buio per almeno un'ora. Durante queste sedute Čerenkov osservò per caso un fenomeno molto strano, una debolissima emissione di luce blu da parte di raggi gamma che attraversavano un contenitore di acido solforico.

La curiosità è il motore della ricerca scientifica, e il nostro studente iniziò metodicamente a studiare la causa di questo effetto, prima cercando di capire se fosse un effetto spurio, poi variando le condizioni della misura e osservando come questo effetto fosse indipendente da ogni variabile ambientale e come invece questa luce fosse polarizzata e asimmetrica rispetto alla direzione di moto delle particelle. Dopo tre anni di ricerche, grazie al decisivo supporto di Vavilov, che mandò questi risultati a Philipp Frank, uno degli esperti di elettrodinamica del tempo, le ragioni fisiche di questo fenomeno furono chiarite, verificando tra l'altro una serie di previsioni fatte da Oliver Heaviside e Arnold Sommerfeld alla fine del XIX secolo.

È interessante ricordare che questa luminescenza bluastra era stata osservata da Marie Curie nel 1910, che però non approfondì la questione. Avrebbe forse potuto prendere il suo terzo premio Nobel, che invece andò nel 1958 a Čerenkov per la scoperta sperimentale e a Frank e Igor Tamm per la spiegazione teorica di questa emissione luminosa. Altra curiosità: Vavilov sostenne sempre il lavoro di ricerca del suo studente, e non gli fece ombra con la sua fama e importanza accademica.

Sembra una storia d'altri tempi, ma contiene una lezione valida anche per la scienza di oggi: scoperte fondamentali fatte da giovani studenti e sfuggite all'indagine di premi Nobel, strumentazione di una semplicità incredibile unita a una grande curiosità e tanto lavoro rigoroso, supporto forte e continuo ma allo stesso tempo grande rispetto scientifico da parte di coloro che hanno autorità decisionale. Anche oggi, nei luoghi dove si fanno scoperte e ricerca vera, le cose vanno esattamente così. Chi ha orecchie per intendere...

cortesia Collaborazione MAGIC

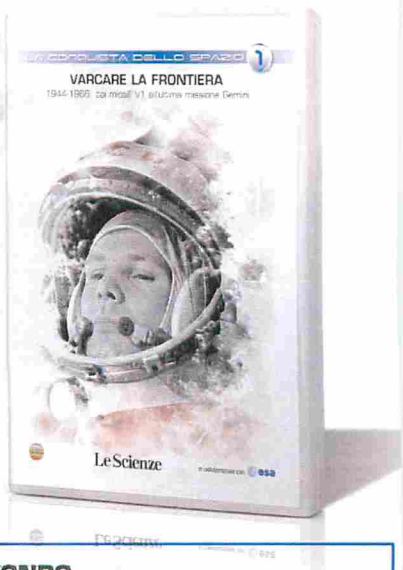
È IN EDICOLA CON Le Scienze

edizione italiana di Scientific American

UNA NUOVA COLLANA IN DVD

LA CONQUISTA DELLO SPAZIO

1ª USCITA **VARCARE LA FRONTIERA**
1944-1966: dai missili V1 all'ultima missione Gemini



LA PIÙ COMPLETA PRODUZIONE MAI REALIZZATA, CON I CONTRIBUTI FILMATI DI TUTTE LE MISSIONI SPAZIALI.

In 6 DVD l'opera che ripercorre l'intera storia della conquista dello spazio dai primi missili alle sonde spaziali, dallo sbarco sulla Luna ai viaggi interplanetari. Un'opera grandiosa, realizzata dopo anni di ricerca negli archivi di tutto il mondo, con le immagini delle principali missioni americane, sovietiche, europee e con i recenti lanci giapponesi, cinesi e indiani.

1 - VARCARE LA FRONTIERA
1944-1966: dai missili V1 all'ultima missione Gemini

2 - DALLA TERRA ALLA LUNA
1967-1971: gli anni d'oro della corsa allo spazio

3 - VERSO I PIANETI ESTERNI
1972-1980: dalla Salyut 1 al viaggio delle sonde Voyager

4 - GUARDARE LO SPAZIO PROFONDO
1981-1993: dai primi voli shuttle alla riparazione di Hubble

5 - UN IMPEGNO INTERNAZIONALE
1993-1996: dalla collaborazione post Guerra Fredda ai primi Ariane

6 - ALTRI MONDI, ALTRE STELLE
1996-2009: da BeppoSAX al lancio dei satelliti Herschel e Planck

Le Scienze @

edizione italiana di Scientific American

VISITATE IL NUOVO, RICCHISSIMO SITO:

Indirizzo: @ **http://www.lescienze.it**

e scopri tutti i servizi disponibili solo in rete due volte alla settimana

NEWSLETTER

Un **servizio gratuito** di informazioni scientifiche, con la possibilità di ricevere le notizie direttamente al proprio indirizzo di posta elettronica e di scegliere le discipline su cui si vuole essere aggiornati.

QUESTO MESE IN EDICOLA

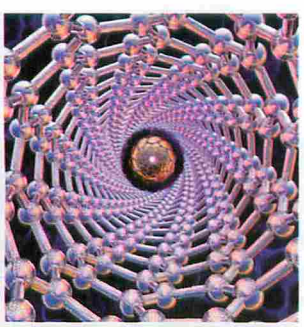
La presentazione di tutte le nostre **pubblicazioni** in edicola ogni mese, con il sommario, il riassunto degli articoli, le note biografiche degli autori e i link di approfondimento alle pagine Web di università, centri di ricerca e istituzioni.

RECENSIONI

Tutti i **libri** selezionati dalla redazione e recensiti ogni mese su LE SCIENZE e su MENTE&CERVELLO si possono acquistare direttamente online.

ABBONAMENTI

Dalle pagine del sito è possibile abbonarsi e rinnovare l'abbonamento in totale tranquillità, grazie al **server di pagamento sicuro**.



VAI SU

Le Scienze on line

la scienza in rete

E IN PIÙ

I blog tenuti dalla redazione di Le Scienze, su argomenti di grande attualità e interesse per la ricerca italiana e internazionale.

per informazioni: info@lescienze.it

GRANDI DELLA SCIENZA

Il codice di Nirenberg

È scomparso all'età di 82 anni il ricercatore che decifrò il codice genetico

La comunità scientifica saluta il premio Nobel Marshall W. Nirenberg, una delle figure di spicco degli studi pionieristici di genetica molecolare degli anni cinquanta, riconosciuto universalmente come il padre della decifrazione del codice genetico. Nirenberg si è spento lo scorso 15 gennaio all'età di 82 anni, appena due mesi dopo aver assistito, presso i National Institutes of Health (NIH), a un simposio dedicato alla sua lunga e intensa vita di scienziato, ricca di ricerche e di scoperte.

L'affascinante avventura scientifica di Nirenberg, che culminerà nel 1968 con l'assegnazione del premio Nobel per la fisiologia o la medicina, inizia nel 1957, quando arriva, fresco dottore di ricerca in biochimica, proprio agli NIH, dove lavorerà ininterrottamente fino alla sua morte. Inizialmente si dedica allo studio di particolari enzimi metabolici, ma la sua attenzione viene presto attirata dalle nuove ricerche in campo genetico proprio negli anni in cui, dopo la scoperta della struttura del DNA da parte di Watson e Crick e dei suoi meccanismi di duplicazione, gli scienziati cominciano a rivolgere lo sguardo verso la comprensione dei meccanismi che traducono il messaggio genetico codificato nel DNA e nell'RNA.

Battendo la concorrenza di agguerriti gruppi di ricerca – soprattutto l'eccentrico Rna Tie Club, un gruppo di 20 grandi scienziati, uno per ogni amminoacido presente in natura, che comprende anche i padri della doppia elica Watson e Crick – nel 1961 Nirenberg comunica a sorpresa in una conferenza internazionale di biochimica a Mosca di aver fatto una scoperta fondamentale, insieme al suo giovane collaboratore Johann H. Matthaei.

Un polimero sintetico del nucleotide uracile (indicato con la lettera U), insieme a un estratto di cellula batterica contenente enzimi, ribosomi, ATP e amminoacidi, produce un polimero proteico formato unicamente dall'amminoacido fenilalanina. Ciò significa che la tripletta UUU codifica per la fenilalanina, uno dei 20 amminoacidi naturali.

Ci vorranno altri quattro anni per decodificare il codice genetico, e assegnare così le relative triplette a ciascun amminoacido naturale che forma le proteine. Nel 1968 Nirenberg riceve il Nobel insieme ai colleghi Har Gobind Khorana e Robert W. Holley, che con i loro studi rispettivamente sulla sintesi *in vitro* di RNA dalla sequenza nota e sul ruolo dell'RNA di trasporto nella sintesi proteica, portano alla completa interpretazione del codice genetico e della sua funzione nel processo di traduzione del messaggio contenuto nel DNA.

Negli ultimi anni non ha smesso di lavorare, contribuendo a importanti ricerche nel campo delle neuroscienze e dello sviluppo neurale.

Paola Nardi

DALLE TRIPLETTE ALL'INFORMAZIONE. Marshall Nirenberg in una foto degli anni novanta. Lo scienziato che ha decifrato il codice genetico, scoperta premiata nel 1968 con il Nobel per la medicina, si è spento il 15 gennaio all'età di 82 anni.

Richard T Nowitz/Corbis

FISICA DELLA MATERIA

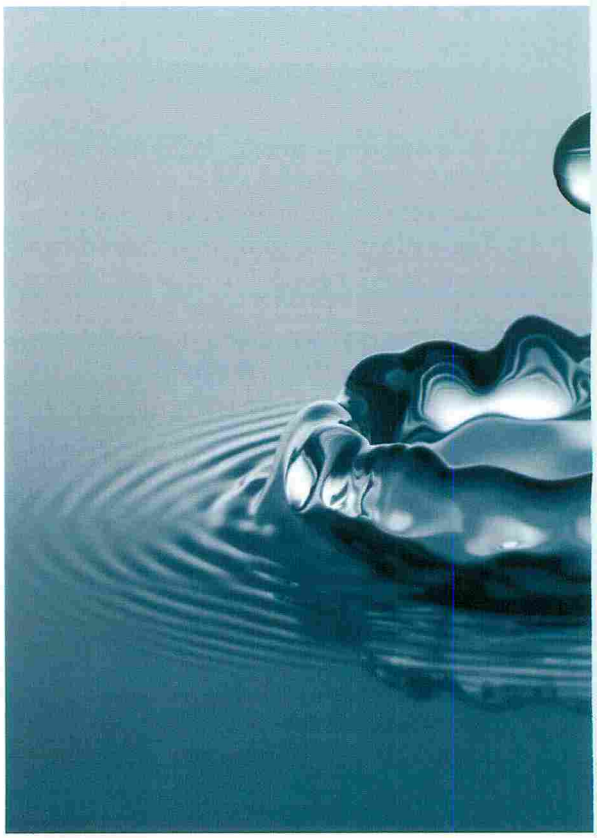
Perché l'acqua non ghiaccia

Nuova teoria per il fenomeno dell'acqua liquida a temperature inferiori allo zero

L'acqua è per molti aspetti un liquido anomalo, e questo spiega in parte la sua stretta relazione con la vita. Per esempio, in certe condizioni l'acqua può rimanere liquida fino decine di gradi Celsius sotto zero. Un fenomeno noto come «acqua sopraffusa», che spiega la sopravvivenza in climi estremamente freddi di forme di vita che contengono molta acqua nei tessuti. Questa proprietà è cruciale anche per la crioconservazione di tessuti.

Negli ultimi anni lo stato e la struttura microscopica di quest'acqua «ultrafredda» sono stati al centro del dibattito scientifico, e per interpretarli sono state sviluppate quattro diverse teorie. Ora uno studio pubblicato sui «Proceedings of the National Academy of Sciences», che ha visto la collaborazione di ricercatori italiani, ha tracciato una teoria che unifica le quattro già esistenti, riducendole a casi particolari di un unico quadro. La conclusione più importante è che, al di sotto di una certa temperatura, sebbene l'acqua sembri liquida come quella che esce dal rubinetto, in realtà è in un nuovo stato della materia: liquido, ma con alta densità. I ricercatori sostengono anche di aver identificato come avviene la transizione di fase fra i due liquidi.

Come detto, l'acqua liquida si può trovare an-

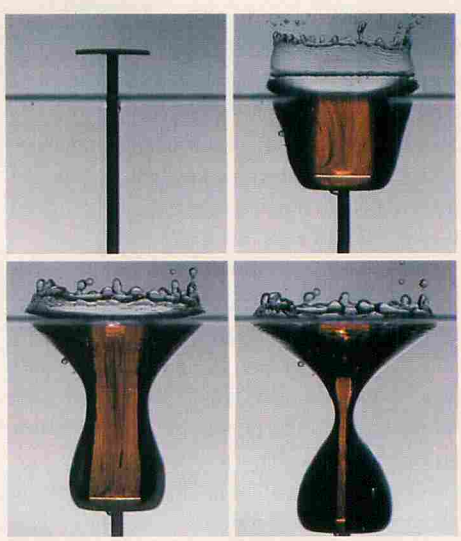


PLAF! UN GETTO SUPERSONICO

Il semplice lancio di una moneta nell'acqua genererebbe una colonna d'aria che si muove a velocità superiore a quella del suono, secondo uno studio pubblicato su «Physical Review Letters». Il lavoro ha analizzato che cosa succede quando un oggetto colpisce la superficie di un liquido, rivelando una dinamica ancora più complessa (*sequenza qui accanto*) rispetto a quella nota. Secondo gli scienziati dell'Università di Twente e dell'Università di Valencia, autori della ricerca, la creazione di una camera d'aria e la sua espulsione produrrebbe un getto d'aria supersonico.

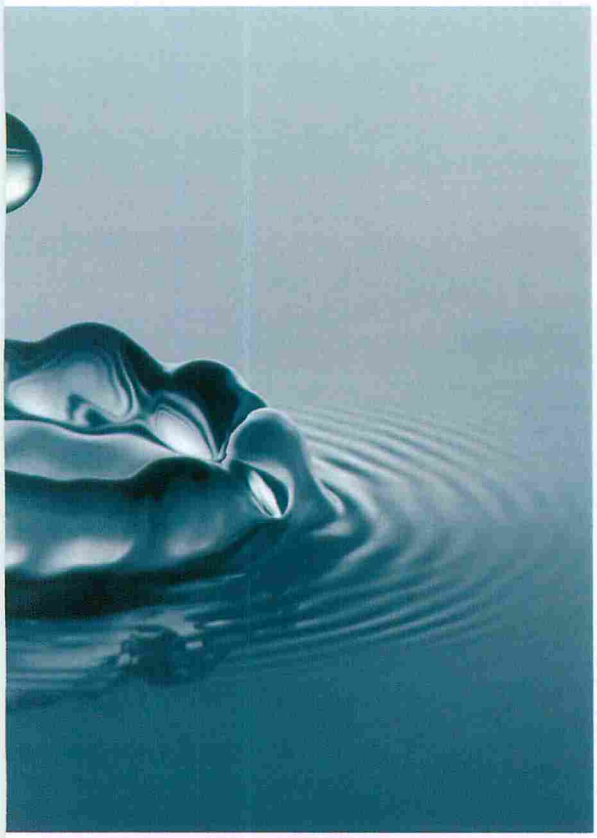
Gli scienziati hanno lanciato in una bacinella d'acqua ricoperta di fumo un disco di 0,5 centimetri di diametro. Quando il disco ha perforato l'acqua si è formata una camera d'aria che ha risucchiato il fumo. Grazie a macchine fotografiche ultrarapide, gli scienziati hanno seguito il movimento dell'aria «inquinata» dal fumo. Quando l'oggetto ha iniziato a sprofondare, ha trascina con una piccola colonna d'aria. Dopo qualche istante, l'acqua si è rinchiusa al centro della colonna, producendo una forma simile a una clessidra. Il collasso della cavità ha prodotto l'espulsione dell'aria, culminata con l'emissione di un getto d'acqua verso l'alto. Le misure hanno indicato che in questa fase l'aria aveva una velocità supersonica. In alcuni casi, il getto d'acqua ha addirittura superato l'altezza da cui è stato lanciato il disco.

Michele Catanzaro



Christopher Ewing/iStockphoto (*acqua*); da *Supersonic air flow due to solid-liquid impact* di S. Gekle e altri, in «Physical Review Letters», Vol. 104, 15 gennaio 2010 (*sequenza impatto solido-liquido*)

QUATTRO TEORIE IN UNA.
La nuova teoria che spiega il fenomeno dell'acqua liquida anche a temperature inferiori allo zero unifica quattro teorie elaborate in precedenza, sempre per lo stesso fenomeno.



che a decine di gradi sotto zero, nelle nuvole, nelle cellule o quando molecole d'acqua sono in contatto con proteine. Ma non è chiaro se in questi casi l'acqua che osserviamo sia identica a quella osservata a temperatura ambiente. Le quattro teorie sviluppate in precedenza si differenziano tra loro per l'esistenza di due fasi liquide con densità distinte e il tipo di transizione fra queste fasi. La situazione è ulteriormente complicata dal fatto che i risultati degli esperimenti sono di difficile interpretazione.

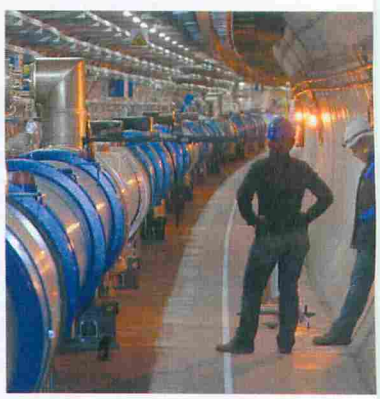
Lo studio pubblicato sui «Proceedings of the National Academy of Sciences», coordinato dai fisici Giancarlo Franzese, dell'Università di Barcellona e H. Eugene Stanley, dell'Università di Boston, ha formulato un modello teorico unificato che riduce gli altri quatto scenari a casi particolari di un unico quadro. Il modello si può risolvere matematicamente e simulare al computer in modo efficace, è coerente con il comportamento osservato e produce buoni risultati se si confronta con stime ricavate dagli esperimenti.

Il nuovo quadro si basa su due componenti del legame a idrogeno tra le molecole d'acqua: la componente direzionale e quella cooperativa. Il bilancio fra queste determina quale dei quattro scenari è quello valido. Secondo gli autori dello studio, la soluzione corretta prevede l'esistenza di due stati liquidi separati da un punto critico. Il risultato potrebbe spiegare, per esempio, perché molte proteine perdono la loro funzionalità a –53 gradi Celsius: la causa sarebbe un cambiamento della dinamica delle molecole d'acqua con cui sono in contatto.

Michele Catanzaro

LHC A GINEVRA: AVANTI PIANO

L'acceleratore di particelle del CERN di Ginevra, il Large Hadron Collider (LHC), funzionerà al 50 per cento della sua capacità per tutto il 2011 e probabilmente la sua attività verrà interrotta nel 2012. La notizia, ripresa da «Science», arriva direttamente dalla Svizzera, e lascia intuire un possibile, ulteriore ritardo nella caccia al bosone di Higgs, la particella ipotizzata dal modello standard per dare massa a tutte le altre particelle, finora rimasta confinata nell'ambito della teoria. Costruito per far collidere due fasci di protoni, ciascuno accelerato a un'energia di 7 teraelettronvolt, LHC



per il momento sta accelerando i fasci a 3,5 teraelettronvolt ciascuno, quindi al 50 per cento dell'energia prevista, a causa di problemi elettrici di alcuni componenti. E così dovrebbe continuare per tutto il 2011. L'anno successivo, l'attività dovrebbe essere interrotta per permettere di risolvere i problemi e restituire a LHC la piena funzionalità. In questo arco di tempo, l'acceleratore raccoglierà dati che potrebbero comunque fornire indizi sull'esistenza dell'Higgs, ma soprattutto potrebbe scoprire nuove particelle con cui confermare sperimentalmente la validità della teoria della supersimmetria.

Carola Bimbi

UNA MAPPA PER LA MATERIA OSCURA GALATTICA

Tutte le galassie sono immerse in un alone di materia oscura, la cui forma può essere dedotta solo da osservazioni indirette, tracciando le orbite degli oggetti visibili – stelle, ammassi, galassie satelliti – e mappando il campo gravitazionale sperimentato da *questi oggetti*.

Grazie a questa tecnica, un gruppo di astronomi guidato da David R. Law, dell'Università della California a Los Angeles, ha scoperto la forma dell'alone della nostra galassia (*nella foto*). Come annunciato al meeting della American Astronomical Society, pare che questo alone sia un ellissoide triassiale, con l'asse più corto parallelo al piano della galassia: in pratica, alone e disco sono sorprendentemente schiacciati su piani ortogonali. Solo così, secondo i ricercatori, è possibile spiegare le orbite della galassia nana ellittica del Sagittario e delle stelle distribuite lungo il suo percorso, strappate a questa dalle forze mareali prodotte dalla nostra galassia.

Svolte grazie ai dati raccolti da alcune campagne osservative, queste analisi possono trovare applicazione anche in altre galassie vicine, come quella di Andromeda, permettendo di capire meglio la distribuzione degli aloni oscuri, che contengono oltre il 70 per cento della massa di una galassia come la nostra.

Emiliano Ricci

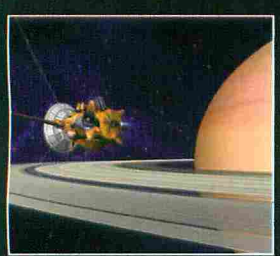
Cortesia CERN (*tunnel LHC*); cortesia NASA (*Via Lattea*)

GOTTSCHE.

Le Scienze

edizione italiana di Scientific American

PER SCOPRIRE UN ABBONAMENTO CHE TI FA RISPARMIARE OLTRE € 40,00 NON DEVI ANDARE LONTANO.



ABBONARSI È CONVENIENTE
e la convenienza cresce con la durata dell'abbonamento

ABBONARSI È COMODO
e riceverai la tua rivista tutti i mesi a casa, e con la certezza del prezzo bloccato

ABBONARSI È FACILE
basta compilare la cartolina allegata ed imbucarla senza affrancatura.

ABBONAMENTO		RISPARMIO
annuale	€ 39,00	€ 7,80
biennale	€ 75,00	€ 18,60
triennale	€ 99,00	€ 41,40

30% di sconto
10 NUMERI GRATIS

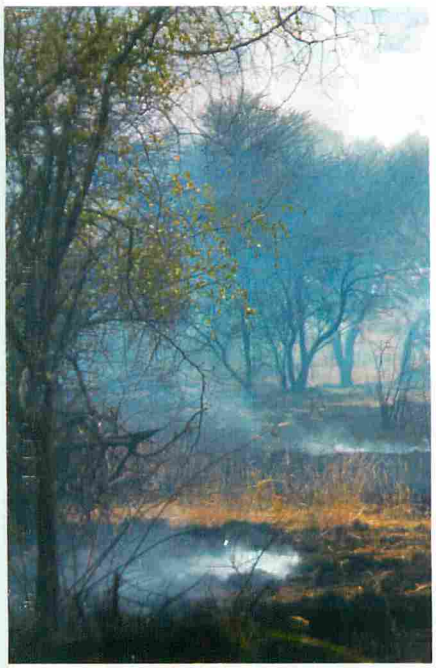
COMPILA E SPEDISCI LA CARTOLINA CHE TROVI INSERITA NELLA RIVISTA O TELEFONA AL 199.700.721* (DA MILANO O CELLULARI: 02 23094519), O COLLEGATI A WWW.LESCIENZE.IT

*IL COSTO MASSIMO DELLA TELEFONATA DA RETE FISSA È DI 14,26 CENT/€ AL MINUTO + 6,19 CENT/€ ALLA RISPOSTA (IVA INCLUSA).

ETOLOGIA

Il senso del fuoco

Gli scimpanzè sarebbero in grado di prevedere l'andamento degli incendi



GLI SCIMPANZÈ DI FONGOLI, in Senegal, hanno reagito con calma agli incendi, evitando i focolai e «prevedendo» la direzione delle fiamme.

L'uso e il controllo del fuoco è un tipico comportamento che distingue gli esseri umani dagli altri animali. Alcuni studiosi hanno però scoperto che anche gli scimpanzè «capiscono» il fuoco e riescono a prevederne la diffusione e a evitarlo. Jill Pruetz, della Iowa State University, e Thomas LaDuke, della East Stroudsburg University, hanno osservato il comportamento degli scimpanzè della savana del villaggio di Fongoli, in Senegal, nei confronti degli incendi, scoprendo che gli animali, come si legge sull'«American Journal of Physical Anthropology», adottavano strategie ben precise per affrontare il pericolo.

Lo studio ha riguardato due distinti incontri avvenuti nel marzo e nell'aprile 2006: in quella regione gli incendi vengono appiccati annualmente dagli uomini per motivi di caccia o per «pulire» i territori, e di solito toccano in modo piuttosto esteso proprio le aree in cui gli scimpanzè scelgono di vivere. Gli animali, però, si sono mostrati tranquilli, e in grado di prevedere l'evoluzione dell'incendio, abbandonando ordinatamente l'area interessata dal fenomeno.

«Gli incendi sono avvenuti verso la fine della stagione secca, con un fuoco molto intenso, che bruciava velocemente gli alberi: gli scimpanzè però sono rimasti molto calmi. Molto più calmi di me, sicuramente», ha dichiarato Pruetz. In alcuni casi i primati hanno evitato con calma i focolai aggirandoli, mentre in altri non si sono mossi, mostrando di aver capito che il fuoco «si comporta» in un modo sufficientemente prevedibile: un atteggiamento molto più «predittivo» che «responsivo», e nessun segnale di stress o paura. «Sembravano veramente esperti nel prevedere dove si sarebbe diretto e come si sarebbe sviluppato l'incendio», ha aggiunto Pruetz.

Negli esseri umani il controllo del fuoco richiede l'acquisizione di tre stadi cognitivi: la «concettualizzazione» del fuoco, ossia la comprensione della variabilità del suo andamento (che permette di prevederne gli spostamenti), la capacità di appiccarlo e quella di controllarlo. «Gli scimpanzè hanno raggiunto piena padronanza del primo stadio, che è propedeutico agli altri due, ma non si sono mostrati capaci di appiccare il fuoco a loro piacimento, almeno non senza un aiuto esterno», ha spiegato la ricercatrice.

Dai pochi studi simili precedenti condotti su altri animali, per esempio gli elefanti, risultava che questi, invece, non completavano nemmeno il primo stadio, ma reagivano d'istinto fuggendo con grande stress, e trovando spesso la morte.

Stefano Pisani

CONVERGENZE MOLECOLARI

Solo alcuni pipistrelli e i cetacei odontoceti come i delfini hanno un sofisticato sistema di ecolocazione, cioè emettono impulsi sonar ad alta frequenza di cui analizzano l'eco di ritorno per localizzare le prede. Questa capacità, che consente di cacciare senza usare la vista, si è evoluta in modo del tutto indipendente. Il fenomeno è noto come convergenza evolutiva, ed è abbastanza frequente in natura, ma si è sempre pensato che i tratti simili derivassero da geni o mutazioni differenti.

Due ricerche pubblicate su «Current Biology» rivelano invece che l'ecolocazione in delfini e pipistrelli è il risultato di cambiamenti genetici *identici*. Il gene interessato codifica per la prestina, una proteina chiave nel sistema uditivo di tutti gli organismi superiori, uomo compreso, localizzata nelle cellule ciliate esterne della coclea, dove riconosce e amplifica il segnale sonoro che raggiunge la parte interna dell'orecchio. Nei mammiferi che sfruttano l'ecolocazione il gene della prestina ha accumulato nel tempo le stesse mutazioni, tanto che se si costruisse un albero filogenetico basato esclusivamente su questo carattere pipistrelli e balene sarebbero sullo stesso ramo, anziché assieme ai loro veri «cugini» evolutivi. Perché mai la selezione naturale, che di solito opera con estrema creatività nel plasmare gli organismi, in questo caso ha conferito a un tratto così complesso la medesima origine molecolare?

Gli studi indicano che tutti i cambiamenti negli amminoacidi della prestina sono stati favoriti perché svolgono un ruolo critico nell'ecolocazione, potenziando la sensibilità dell'udito e l'abilità nel selezionare la frequenza dei suoni. Inoltre i ricercatori sospettano che non esistano molte vie alternative per dotare la prestina di simili capacità, e quella intrapresa da pipistrelli e delfini potrebbe anche essere l'unica. La scoperta suggerisce che questo fenomeno sia più diffuso in natura di quanto si creda, e appare ancora più sorprendente considerando le esigenze ecologiche completamente diverse di questi animali: il range di ecolocazione nei pipistrelli è fino a 3 metri, mentre nei delfini raggiunge i 100 metri, e soprattutto la velocità del suono nell'aria è circa un quinto di quella in acqua.

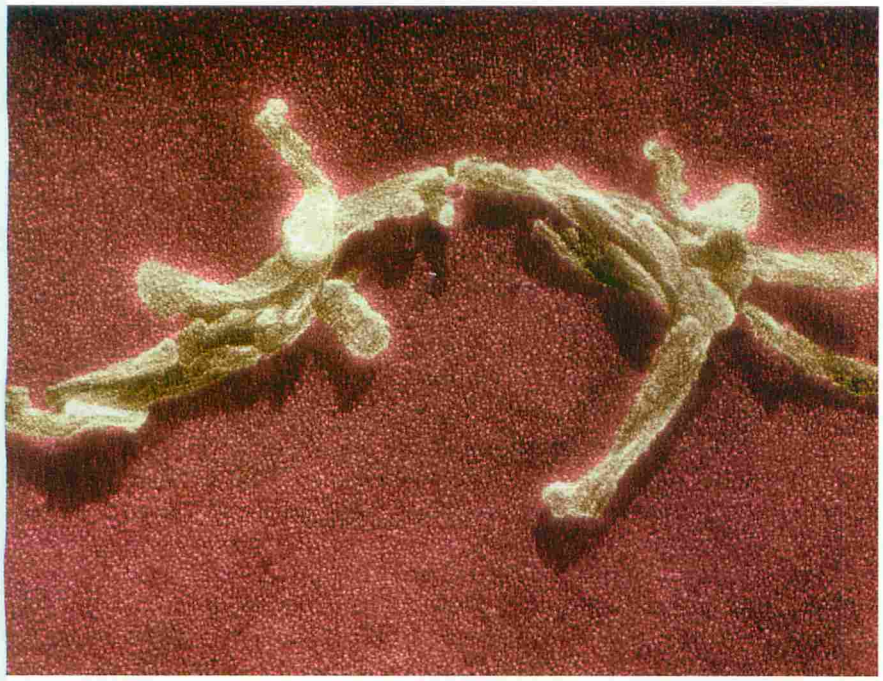
Eugenio Melotti

Diane Diederich/iStockphoto

BIOLOGIA MOLECOLARE

Il lato buono dei prioni

Individuato il ruolo della forma non patologica della proteina prionica



Eye of Science/SPL/Contrasto

Della proteina prionica conoscevamo soprattutto il lato «malvagio», la forma alterata associata a gravi malattie degenerative del sistema nervoso, come il morbo della mucca pazza. Molto meno si sapeva del lato «buono», cioè di che cosa faccia la forma normale. Uno studio pubblicato su «Nature Neuroscience» getta finalmente luce sulla questione, attribuendo alla proteina prionica normale (PrpC) un ruolo fondamentale nel mantenere la guaina di mielina (rivestimento che facilita la trasmissione degli impulsi nervosi) attorno ai nervi periferici. La scoperta si deve al gruppo di ricerca di Adriano Aguzzi dell'Università di Zurigo.

In genere per valutare la funzione di una proteina si disattiva il gene codificante e si studiano gli effetti. Può accadere però che, insieme al gene in questione, siano disattivati geni vicini, per cui diventa difficile stabilire a chi attribuire gli eventuali effetti. Secondo Aguzzi, questo è quanto successo in passato in molti studi sulla proteina prionica, che hanno quindi dato risultati deboli

UN NUOVO APPROCCIO SPERIMENTALE ha permesso di attribuire ai prioni, nella loro forma normale, un ruolo cruciale nel mantenimento della guaina mielinica che protegge i nervi periferici. Sopra, fotografia al microscopio elettronico di prioni della scrapie; a fronte, microfotografia elettronica di batteri *Chlamydia trachomatis*.

IL LONTANO ANTENATO DELLE MEMBRANE INTERNE

È sempre emozionante scoprire nuovi punti di contatto tra le cellule procariote, quelle dei batteri, prive di nucleo e di compartimenti interni, e le cellule eucariote, quelle di tutti gli altri organismi, dotate di nucleo e di struttura interna complessa.

L'ultima sorprendente analogia riguarda un gruppo di proteine finora ritenute appannaggio esclusivo delle cellule eucariote, e individuato invece anche in batteri appartenenti al gruppo detto PVC (*Planctomycetes-Verrucomicrobia-Chlamydiae*), descritto una decina d'anni fa e ancora poco conosciuto.

Si tratta di proteine associate al sistema di membrane interne tipico degli eucarioti (*coat-protein*): un sistema che definisce compartimenti differenti (come il reticolo endoplasmatico o l'apparato di Golgi), in comunicazione tra loro attraverso vescicole che si staccano da una membrana e si fondono con un'altra. Le coat-protein sono coinvolte proprio nella formazione delle vescicole. Per individuarle anche nei batteri, Damien Devos e colleghi dello European Molecular Biology Laboratory di Heidelberg hanno usato un approccio particolare, descritto su «PLoS Biology». Anziché cercare nelle banche dati che raccolgono tutte le sequenze proteiche batteriche sequenze simili a quelle delle proteine eucariote, hanno cercato somiglianze nelle strutture tridimensionali. «Due proteine possono avere strutture simili (e quindi funzioni simili e storia evolutiva comune) anche se hanno sequenze amminoacidiche diverse», spiega Devos.

In effetti, il semplice confronto delle sequenze non aveva dato alcun esito. Il nuovo metodo, invece, ha permesso di identificare in batteri PVC molecole analoghe alle coat-protein degli eucarioti. E poiché anni fa era stato individuato un rudimentale sistema di membrane interne in un singolo membro dei PVC, *G. osbcuriglobus*, i ricercatori hanno deciso di osservarlo con una particolare tecnica di microscopia elettronica. Così hanno verificato che queste proteine sono associate alle vescicole che si formano sulla superficie delle sue membrane interne, proprio come negli eucarioti.

Una scoperta significativa per lo studio dell'evoluzione, perché suggerisce che i batteri PVC possano aver contribuito direttamente alla nascita degli eucarioti.

Valentina Murelli

e contraddittori. Per evitare questo rischio, Aguzzi e colleghi hanno lavorato con quattro ceppi di topi in cui il gene della PrpC è stato disattivato con tecniche differenti, sempre molto precise. In tutti i casi, gli animali sviluppavano una neuropatia periferica demielinizzante, una degenerazione dei nervi periferici con progressiva perdita della guaina di mielina.

Ora: i nervi non sono altro che i lunghi prolungamenti (assoni) del corpo centrale dei neuroni, mentre la mielina è costituita da particolari cellule avvolte strettamente attorno agli assoni stessi, le cellule di Schwann. I ricercatori hanno provato a disattivare la PrpC solo negli assoni oppure solo nelle cellule di Schwann, e qui è arrivata la sorpresa: la degenerazione della mielina, infatti, si è verificata nel primo caso, ma non nel secondo. «Ciò significa che gli assoni comunicano con le cellule di Schwann per il mantenimento della mielina (e questo era già noto) e che questa comunicazione è mediata dalla proteina prionica normale», ha commentato Aguzzi.

Il prossimo passo sarà verificare se la stessa funzione è presente anche negli esseri umani, e se la PrpC è coinvolta nell'insorgenza di neuropatie periferiche demielinizzanti analoghe a quelle osservate nei topi.

Valentina Murelli

iStockphoto (*provette*); Dr Karl Lounatmaa/SPL/Contrasto (*clamidia*)

EVOLUZIONE E MEDICINA

Come supplemento a «Proceedings of the National Academy of Sciences» è stata presentata una raccolta di articoli che descrivono i numerosi casi in cui, in campo medico, si sono raggiunti importanti risultati grazie all'applicazione della teoria dell'evoluzione, e come questo approccio sia fondamentale per la medicina del futuro. Gli articoli sono tratti dagli atti di *Evolution in Health and Medicine* – edizione 2009 dell'Arthur M. Sackler Colloquium, meeting della National Academy of Sciences – e gli argomenti sono i più vari: dal perché alcuni individui vivono più a lungo di altri al motivo per cui esistono l'autismo e la schizofrenia, fino alla spiegazione del perché gli esseri umani soffrano di tumori più delle altre specie.

Evoluzione, genetica e medicina hanno per lunghissimo tempo mantenuto ambiti separati; quando poi il neodarwinismo ha amalgamato l'evoluzionismo con la biologia e la genetica non è riuscito a fare lo stesso con la medicina. Il riconoscimento e l'identificazione dell'approccio evoluzionistico nelle scienze mediche sono quindi avvenuti molto recentemente. Un esempio significativo dell'utilità di applicare i principi di questa teoria in medicina è rappresentato dallo studio della resistenza agli antibiotici e del cancro. Infatti sia la resistenza dei batteri sia la diffusione delle cellule tumorali nell'organismo

evidenziano un rapido adattamento alle condizioni dell'ambiente: quindi si dimostra corretto, per la ricerca di nuove cure, inquadrare questi fenomeni nell'ottica di un processo evoluzionistico.

I casi in cui la teoria dell'evoluzione ha già permesso il raggiungimento di importanti risultati sono numerosi, e nello specifico si può ricordare l'identificazione delle modalità di diffusione dei virus, da quelli influenzali fino all'HIV. Solo grazie ai modelli sviluppati dai biologi evoluzionisti, appunto, è stato possibile capire l'origine di determinate malattie e arrivare a prevederne i tempi e le modalità di diffusione, e di conseguenza mettere a punto adeguate misure per la salvaguardia della popolazione.

Stephen Stearns – biologo alla Yale University e tra gli organizzatori del Colloquium – non ha dubbi sulla fondamentale rilevanza della prospettiva evoluzionistica: secondo lui è così importante per il futuro della salute pubblica che lo studio della teoria dell'evoluzione dovrebbe diventare una materia obbligatoria in tutte le facoltà di medicina.

Marina Semiglia

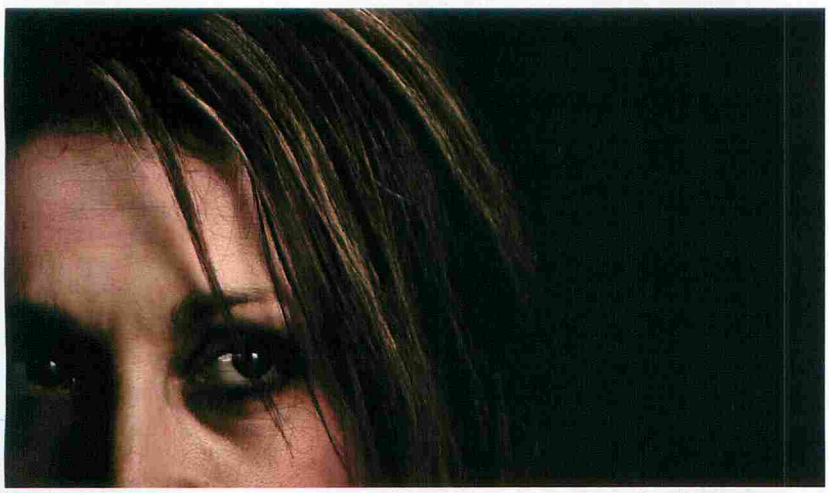
PSICHIATRIA

La difficile cura del borderline

Una nuova analisi evidenzia le difficoltà di una terapia globale del disturbo

Ci sono varie terapie farmacologiche che possono essere d'aiuto per alleviare alcuni sintomi del disturbo di personalità borderline, ma una medicina efficace per il disturbo nella sua globalità non esiste.

È la conclusione cui sono giunti Klaus Lieb e collaboratori del Dipartimento di psichiatria e psicoterapia dell'Università di Mainz, in Germania, dopo aver esaminato la letteratura scientifica sull'argomento degli ultimi trent'anni: studi di confronto tra farmaco e placebo, tra due farmaci diversi o tra un farmaco singolo e una combinazione. Lieb e colleghi hanno estratto, per la loro rilevanza scientifica, 58 articoli da un totale di oltre 6000, per poi concentrare l'analisi su 27 studi controllati randomizzati, comprendenti oltre 1700 pazienti e aventi per oggetto l'efficacia di antipsicotici di prima e seconda generazione, stabilizzatori dell'umore, antidepressivi e altri farmaci, come gli acidi grassi omega-3.



Will & Deni McIntyre/SPL/Contrasto (topo); iStockphoto (donna)

Il disturbo di personalità borderline è caratterizzato da instabilità delle relazioni interpersonali, dell'immagine di sé e dell'umore e da marcata impulsività; clinicamente si può manifestare con difficoltà a controllare le emozioni, esplosioni di rabbia, autolesionismo, tendenze suicide permanenti e transitorie alterazioni del senso di realtà. Le diverse dimensioni psicopatologiche della personalità borderline possono essere trattate, anche efficacemente, con agenti terapeutici appartenenti a varie classi farmacologiche, migliorando sensibilmente la qualità di vita dei pazienti; ma a tutt'oggi non esiste una terapia specifica per questo disturbo, valida per tutti i casi.

I risultati dello studio di Lieb, pubblicato sul «British Journal of Psychiatry» e disponibile nella Cochrane Library, superano, aggiornano e in parte contraddicono le linee guida dell'American Psychiatric Association, risalenti al 2001, ridimensionando il ruolo degli antidepressivi che agiscono sulla serotonina in favore degli stabilizzatori dell'umore e degli antipsicotici di seconda generazione. Gli stessi autori ammettono comunque un importante limite della loro e di altre ricerche: non aver preso in considerazione l'efficacia delle psicoterapie, strumenti insostituibili per il trattamento di alcuni sintomi fondamentali del disturbo borderline, come l'angoscia di essere abbandonati, i sentimenti cronici di vuoto, la dissociazione e le alterazioni dell'identità.

Francesco Cro

UN NAVIGATORE NEL CERVELLO

Altro che GPS! Gli esseri umani hanno un navigatore satellitare impiantato direttamente nel cervello. Si tratta dei cosiddetti «neuroni griglia», scoperti per la prima volta nel cervello umano da Christian Doeller e colleghi dell'UCL Institute of Cognitive Neuroscience di Londra.

Secondo quanto si legge su «Nature», queste cellule sono coinvolte nell'elaborazione delle mappe cognitive, rappresentazioni spaziali che permettono di muoverci efficacemente nell'ambiente. Nel 2005, i neuroni griglia furono individuati per la prima volta nei topi. Queste cellule emettono impulsi nervosi in modo regolare ogni volta che gli animali si spostano nello spazio. Proiettando i pattern di attività su una mappa si ottiene uno schema triangolare: ogni cellula si attiva quando i topi occupano i vertici di ideali triangoli equilateri.

Gli esperimenti dei ricercatori inglesi hanno permesso di scoprire che l'attività dei neuroni griglia è modulata dalla direzione del movimento: aumenta quando i topi si spostano lungo gli assi della griglia, ovvero i lati dei triangoli. In più, dipende dalla velocità del moto: il segnale nervoso diviene più intenso quando gli animali si spostano più velocemente, perché raggiungendo prima i vertici dei triangoli si riduce

NEUROSCIENZE

Dalla pelle al cervello

Cellule specializzate convertite in neuroni senza bisogno di riprogrammazione

Per la prima volta un team di ricerca è riuscito a convertire direttamente fibroblasti (cellule della pelle) in neuroni, senza passare attraverso uno stadio embrionale. Pubblicato su «Nature», lo studio è un passo fondamentale della biologia rigenerativa e delle cellule staminali, e vede l'uso *in vitro* di un cocktail di soli tre geni, che codificano per fattori di trascrizione. Uno, *Ascl1*, è sufficiente a generare neuroni immaturi; gli altri due, *Brn2* e *Myt1l*, aiutano nella transizione a cellula nervosa matura.

Finora la trasformazione da una tipologia cellulare a un'altra avveniva usando cellule staminali indotte pluripotenti (iPS). Il passaggio obbligato era riprogrammare cellule già differenziate per farle divenire staminali indifferenziate, pluripotenti, dotate di tutte le qualità delle cellule staminali embrionali, che poi potevano essere differenziate, per esempio, in neuroni.

Di recente però un gruppo di ricercatori della Stanford University, in California, sotto la guida di Marius Wernig, ha condotto una serie di esperimenti sui topi, nel tentativo di eliminare il passaggio intermedio e convertire direttamente i fibroblasti in neuroni. «Un progetto ad alto rischio, che ha dato, abbastanza inaspettatamente, risultati straordinari» commenta Wernig. «Il fatto che la trasformazione avvenga direttamente senza dover passare a uno stadio di cellula pluripotente è di per sé straordinario e molto promettente, ma dobbiamo anche essere cauti».

Lo studio è fondamentale dal punto di vista puramente biologico. Per anni si è creduto che solo le cellule staminali embrionali pluripotenti potessero dare origine a cellule specializzate che producono diversi organi; nella convinzione che, una volta specializzata, una cellula non può più cambiare la propria natura.

Ora, alla luce del lavoro del gruppo di Wernig, la comunità scientifica è costretta a rivedere questo dogma e a riconsiderare le basi dello sviluppo cellulare. I neuroni in questione sono completamente funzionali. Fanno tutto ciò che fanno i neuroni nel cervello, stabilendo connessioni sinaptiche con altre cellule nervose, e mandando loro segnali tramite proteine neuronali. La trasformazione da fibroblasto a neurone avviene nell'arco di una settimana, con un'efficienza del 20 per cento. Ora i ricercatori stanno cercando di duplicare il risultato con cellule umane.

I neuroni così ottenuti possono rappresentare una nuova via per evitare l'approccio molto controverso delle cellule staminali embrionali per la terapia cellulare. Inoltre, poiché queste cellule derivano da cellule adulte, potrebbero essere più sicure delle cellule iPS, di cui è nota la capacità di generare tumori chiamati teratomi.

Sono ovviamente indispensabili ulteriori studi per chiarire gli esiti a lungo termine di questo processo di trasformazione, determinando per esempio se il nuovo neurone si mantiene tale per il resto della sua vita o se porta con sé tracce del proprio passato. Se la tecnica potrà essere applicata all'uomo, una possibilità ancora remota, malattie neurodegenerative quali Parkinson e Alzheimer saranno certamente i modelli sui quali si concentreranno i primi sforzi.

Marta Paterlini

David Scharf/SPL/Contrasto (*fibroblasti*)

CELLULE DELLA PELLE come quelle di questa immagine sono state riconvertite in neuroni perfettamente funzionali.

I NEURONI GRIGLIA, scoperti nei topi cinque anni fa e ora individuati, sia pure indirettamente, anche nel cervello umano, sono coinvolti nelle rappresentazioni spaziali che permettono di muoversi nell'ambiente.

l'intervallo di emissione che corre tra un impulso e l'altro.

Per scoprire se i neuroni griglia popolano anche il cervello umano, i ricercatori hanno analizzato il cervello di 42 volontari mentre esploravano un ambiente virtuale. Le immagini hanno evidenziato nei neuroni della formazione dell'ippocampo lo stesso tipo di attività riscontrata nelle cellule griglia murine, prova indiretta dell'esistenza di questi neuroni. «Non possiamo osservare direttamente le cellule nel cervello umano – spiega Christian Doeller – ma possiamo rilevarne l'attività». Questi neuroni sembrano anche coinvolti nell'elaborazione della memoria spaziale e autobiografica. «Le cellule griglia ci aiutano a trovare la giusta via nell'ambiente come nella memoria», conclude Neil Burgess, coautore dello studio.

Martina Saporiti

Mente & cervello

IL MENSILE DI PSICOLOGIA E NEUROSCIENZE

CERVELLI DIVERSI. Una nuova scienza dell'intelligenza, che studia l'attivazione delle diverse aree cerebrali in funzione dei compiti da risolvere, sta rivelando perché ogni cervello funziona in modo diverso da tutti gli altri.

TEORIE DEL COMPLOTTO. Elvis Presley è vivo. Gli extraterrestri sono in mezzo a noi. Nella nostra mente pregiudizi e teorie del complotto hanno la stessa motivazione: il desiderio di trovare una scorciatoia per spiegare fatti che ci è difficile capire o che non riusciamo ad accettare.

POVERA INFANZIA. Lo sviluppo cerebrale del bambino dipende anche dal benessere e dall'istruzione dei genitori. E a risentire di una condizione sociale difficile sono soprattutto il linguaggio e la memoria.

LA MENTE IN AUTOMATICO. Lo sa bene chi ha provato a smettere di fumare o a mettersi a dieta: certe abitudini sono difficili da abbandonare. Perché si tratta di automatismi profondamente radicati nel nostro cervello.

È IN EDICOLA IL NUMERO DI MARZO

CHIMICA E AMBIENTE

Rame contro l'effetto serra

Messa a punto una promettente tecnica di rimozione della CO_2

Il problema del riscaldamento globale stimola la scoperta di nuove tecniche con cui ridurre la concentrazione di anidride carbonica in atmosfera. La riduzione si può ottenere in diversi modi, tra cui un efficace riassorbimento della CO_2 prodotta, una strategia perseguita dal gruppo di Elisabeth Bouwman, chimica dell'Università di Leida.

FONTE DI GAS SERRA. In futuro l'anidride carbonica prodotta, per esempio, da centrali elettriche (*nella foto*) potrebbe essere rimossa direttamente dall'atmosfera, grazie a una tecnica basata su un composto altamente specifico a base di rame.

In una ricerca pubblicata su «Science», Bouwman annuncia di aver messo a punto un metodo per il sequestro dell'anidride carbonica direttamente dall'atmosfera grazie all'azione catalitica di un composto metallorganico altamente specifico a base di rame, capace di trasformare la CO_2 in ossalato. Quest'ultimo può essere poi ulteriormente trasformato in metilglicolato, un buon solvente organico, importante reagente per la sintesi industriale di altri prodotti.

Questa tecnica è un passo avanti rispetto ai metodi attuali di sequestro della CO_2, visto che l'azione del composto metallorganico è altamente specifica (viene prodotto unicamente ossalato) e catalitica, cioè comporta un consumo estremamente ridotto di reagente, che può essere poi rigenerato per via elettrochimica in modo semplice, veloce e con una spesa energetica modesta. I catalizzatori studiati finora non hanno dimostrato sufficiente specificità nei confronti dell'anidride carbonica, visto che reagiscono anche con l'ossigeno, che è presente in atmosfera in quantità enormemente superiore rispetto alla CO_2. Inoltre formano una miscela di vari composti organici poco sfruttabile per successivi processi industriali.

Naturalmente siamo ancora all'inizio dello sviluppo di questo processo in vista di un suo efficace uso come sistema «anti-effetto serra». Ma, a detta dei maggiori esperti nel campo della conversione dell'anidride carbonica la tecnica messa a punto da Bouwman è molto promettente ed efficiente, e caratterizzata da tutti gli aspetti oggi considerati altamente desiderabili sia per la ricerca pura sia per le applicazioni industriali.

Paola Nardi

UN MODELLO ATOMICO PER L'ATTRITO

Consuma suole delle scarpe e pneumatici delle automobili, ma permette di camminare e di viaggiare in autostrada: l'attrito è una forza fondamentale nella nostra vita quotidiana, e si manifesta ogni volta che due superfici a contatto scivolano, o stanno per scivolare, l'una rispetto all'altra. Eppure fino a oggi la sua natura microscopica era poco chiara.

Ora una ricerca pubblicata sui «Proceedings of the National Academy of Sciences» da ricercatori dell'Istituto nazionale per la fisica della materia (INFM)-CNR fornisce un modello dell'attrito a scala atomica che prevede la formazione di bolle, analogamente a quanto avviene durante l'ebollizione dell'acqua. Spiega Stefano Zapperi, uno degli autori dello studio: «Dal punto di vista matematico la formazione di queste bolle segue le stesse leggi che determinano il passaggio di fase tra un liquido e un gas, il fenomeno osservato anche quando si fa bollire l'acqua. Una conseguenza importante è che la forza effettiva di attrito tra le superfici dipende dalla possibilità di creare queste bolle nel sistema. Ed è quindi molto inferiore rispetto a quanto si potrebbe stimare da un calcolo diretto delle forze tra gli atomi delle superfici in contatto».

Carola Bimbi

Vera Tomankova/Stockphoto

PALEONTOLOGIA

Il simbolismo di Neanderthal

Una recente scoperta dimostra che i nostri cugini avevano un pensiero simbolico

La vecchia idea secondo cui gli umani moderni hanno soppiantato i Neanderthal perché più intelligenti è sempre meno plausibile. Era ormai appurato che i nostri cugini erano abili cacciatori, capaci di innovare i loro strumenti fino a versioni efficienti quanto quelle dei contemporanei *Homo sapiens*. Ora però anche l'ultima frontiera della presunta superiorità di *H. sapiens* è crollata: i Neanderthal erano capaci di elaborare un pensiero simbolico, una cruciale svolta cognitiva testimoniata dall'uso di oggetti ornamentali, artistici, rituali.

Finora oggetti simili erano stati rinvenuti di rado nei siti dove erano vissuti i Neanderthal, e di solito appartenevano a epoche successive al contatto con *H. sapiens*. Si ipotizzava quindi che i nostri cugini avessero solo copiato. Questa tesi è stata smentita sui «Proceedings of the National Academy of Sciences» da una ricerca di João Zilhão, dell'Università di Bristol, a cui ha partecipato Diego Angelucci dell'Università di Trento. Nelle grotte spagnole di Cueva Anton e Cueva de los Aviones gli scienziati hanno trovato diverse conchiglie che avevano la funzione di ornamenti o contenitori di tinture, come testimoniano la presenza di pigmenti di vari colori e le perforazioni sui bordi di alcune conchiglie. I fori sono naturali, ma tutti con dimensioni simili, ideali per farvi passare un filo; i Neanderthal quindi, pur non praticando i fori, avrebbero selezionato le conchiglie più idonee per farne collane. E poiché i manufatti precedono l'arrivo di *H. sapiens*, visto che sono datati fino a 45.000-50.000 anni fa, sono opera di *Homo neanderthalensis*.

Se il ricorso a un sistema di simboli era raro, la causa non è dunque un'insufficienza cognitiva. Forse, azzarda Zilhão, era solo la bassa densità demografica a rendere il simbolismo poco utile agli scambi culturali, e difficile da trasmettere in modo così continuo da garantirne il mantenimento.

Mentre le cause dell'estinzione restano dibattute, un altro studio di Zilhão, pubblicato su «PLoS One», mette un punto fermo sui tempi. Anche nella penisola iberica, loro ultimo rifugio, i Neanderthal sono sopravvissuti solo poche migliaia di anni in più rispetto al resto del continente. Lo attesta la nuova datazione a 34.500 anni fa di un sito portoghese del cosiddetto «tardo Aurignaziano», un'epoca in cui viveva solo *H. sapiens*. Questa datazione, insieme ad altre informazioni, colloca l'estinzione dei Neanderthal a non meno di 37.000 anni or sono.

Giovanni Sabato

COLORI VERI. Ricostruzione artistica del *Sinosauropteryx* sulla base delle ultime scoperte ottenute da scienziati cinesi e britannici riguardo il colore delle piume.

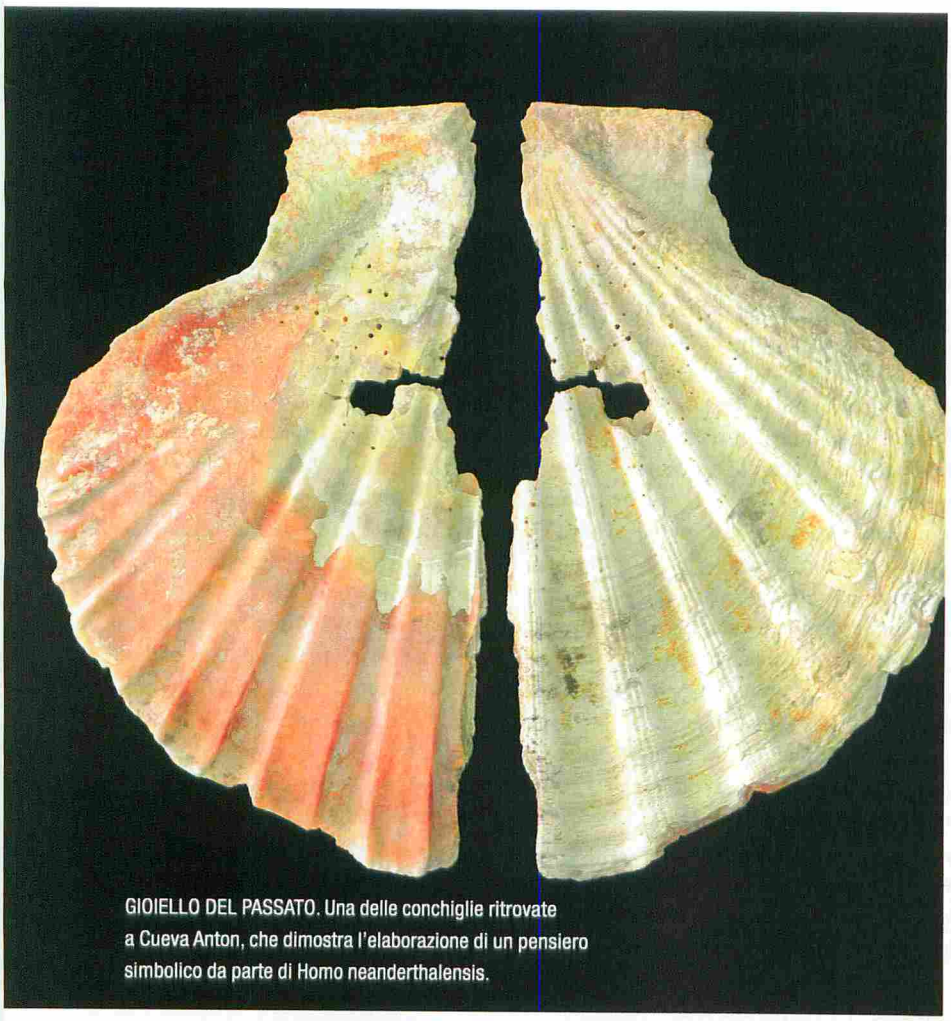
Jim Robins/Università di Bristol/AP Photo/LaPresse

DINOSAURI IN MULTICOLOR

Una criniera color ruggine e una coda coperta da piume, o meglio setole, di colore arancione e bianco. Il dinosauro teropode *Sinosauropteryx*, vissuto in Cina più di 100 milioni di anni fa, aveva un piumaggio brillante che sfoggiava come appariscente richiamo. Lo stesso vale per il *Confuciusornis*, uccello del Cretaceo, che aveva piume con sfumature dal nero, al bianco all'arancione. Lo ha dimostrato, con uno studio pubblicato su «Nature», un gruppo di ricerca anglo-cinese guidato da Mike Benton dell'Università di Bristol, che per la prima volta ha individuato tracce di colore nei resti dei dinosauri piumati e dei primi uccelli.

Analizzando al microscopio elettronico piume fossilizzate di *Sinosauropteryx* e di *Confuciusornis*, i ricercatori hanno scoperto gli organelli, melanosomi e feomelanosomi, che contengono il pigmento che determina il colore. Dalla forma degli organelli è stato possibile ricostruire l'insieme dei colori delle piume che ricoprivano *Sinosauropteryx* e *Confuciusornis*. La scoperta, afferma Benton, offre una spiegazione sul ruolo originale delle proto-piume, che non servivano né per l'isolamento termico, visto che erano concentrate sulla cresta e sulla coda, né per il volo. Le piume avevano una funzione ornamentale, servivano per esporre i colori. Solo più tardi sono diventate utili per volare.

Roberta Pizzolante



GIOIELLO DEL PASSATO. Una delle conchiglie ritrovate a Cueva Anton, che dimostra l'elaborazione di un pensiero simbolico da parte di Homo neanderthalensis.

Cortesia João Zilhão (*conchiglia*)

QUEI MICROBI MATUSALEMME

Microrganismi molto antichi e molto frugali, quelli scoperti da Brian Schubert, microbiologo dell'Università delle Hawaii. Mettendo a coltura alcune gocce d'acqua rinvenute dentro cristalli di sale estratti dal sottosuolo della Valle della Morte, in California, Schubert è riuscito a creare colonie di archaea, organismi molto antichi simili a batteri. Secondo l'analisi isotopica, Il liquido nei cristalli risale a un periodo compreso fra 22.000 e 34.000 anni fa. E dato che i cristalli sono di un tipo che si forma solo in laghi con salinità estremamente elevata, scomparsi dalla Valle della Morte da oltre 10.000 anni, gli archaea devono esserci finiti dentro al momento della formazione, non esservi penetrati in periodi più recenti.

Scoperte di microrganismi in cristalli più antichi (anche di 250 milioni di anni), sono sempre stati messe *in dubbio* a causa della possibilità di una contaminazione recente, ma questa volta sembra certo che gli archaea di 30.000 anni fa siano veramente gli organismi più vecchi del pianeta. Ma come hanno fatto questi organismi a sopravvivere tanto a lungo? A tenerli in vita, secondo Schubert, che ne ha scritto sulla rivista «Geology», sono state cellule di alghe *Dunaliella* rimaste intrappolate con gli archaea: gli zuccheri contenuti in una sola di quelle alghe sarebbero bastati a tenerli in vita per 12 milioni di anni.

Alex Saragosa

dinamo energia in sistema

PROGETTIAMO
E REALIZZIAMO
IMPIANTI
FOTOVOLTAICI
CON FORMULA
"CHIAVI IN MANO"

SISTEMA CASA
INTELLIGENTE

efficienza energetica negli edifici

Per saperne di più:

www.dinamosistemi.it

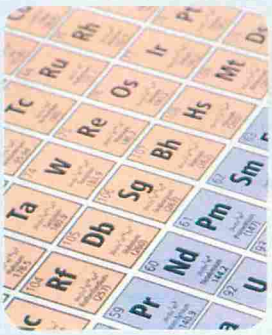
info@dinamosistemi.it

IL FOTOVOLTAICO
UN INVESTIMENTO
RISPETTOSO DELL'AMBIENTE
AD ALTO RENDIMENTO
E A BASSO RISCHIO

CHIAMA IL NUMERO VERDE
PER RICEVERE GRATUITAMENTE PREVENTIVI
E INFORMAZIONI SUL SERVIZIO
"SISTEMA CASA INTELLIGENTE"

Numero Verde
800 13 47 60

Verso l'isola della stabilità



Grazie a un esperimento condotto al GSI-Centro Helmholtz per lo studio degli ioni pesanti di Darmstadt, a cui ha partecipato la sezione di Padova dell'Istituto nazionale di fisica nucleare, per la prima volta è stata misurata direttamente la massa di tre nuclei superpesanti, i cosiddetti elementi «transuranici». In particolare è stata misurata la massa di isotopi del nobelio (gli isotopi 252, 253, 254), un elemento che ha 102 protoni, ed è quindi ben più «pesante» dell'uranio, che ne ha 92. Prima dell'esperimento tedesco le masse di questi nuclei erano note solo grazie a misurazioni indirette, che però introducevano incertezze nel calcolo dell'energia di legame dei nuclei. Ora la nuova tecnica di misurazione diretta permette di inferire con maggiore precisione le masse anche di altri nuclei transuranici, fornendo un importante punto di riferimento per la predizione della cosiddetta «isola di stabilità», cioè dell'esistenza di elementi superpesanti particolarmente stabili. La ricerca è stata pubblicata su «Nature». (CaBi)

Due proteine per riparare il cuore

Due studi condotti da ricercatori dell'Istituto di genetica e biofisica del CNR di Napoli, hanno individuato la funzione di due proteine nella formazione embrionale del cuore. I risultati sono stati pubblicati su «Circulation Research».

La prima proteina, studiata dal gruppo di Gabriella Minchiotti, si chiama Cripto e promuove il differenziamento delle cellule staminali embrionali in cellule muscolari cardiache. Se nelle prime fasi di sviluppo embrionale Cripto non agisce, le cellule staminali si differenziano in neuroni e il cuore non si forma correttamente.

La seconda ricerca è stata condotta dal gruppo del direttore dell'istituto, Antonio Baldini, e ha individuato la funzione della proteina Tbx1, coinvolta in malformazioni cardiache congenite. La Tbx1 blocca, fino al momento giusto dello sviluppo, la differenziazione di cellule staminali che possono diventare muscolo cardiaco, rivestimento o muscolo liscio di vasi e cavità del cuore. Sia un eccesso sia una mancanza di questa proteina provocano quindi difetti nel cuore in formazione.

Oltre a fare luce sulla formazione del cuore nell'embrione, le due ricerche saranno utili nell'impiego di cellule staminali per riparare danni cardiaci, conseguenti, per esempio, all'infarto. (AlSa)

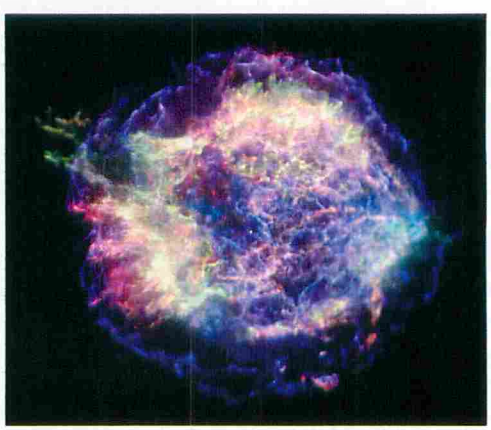
Il gene termometro

Crescere, fiorire, dare frutti. Il ciclo delle piante dipende dall'andamento della temperatura. Un meccanismo tanto preciso da riconoscere variazioni anche di un solo grado. La chiave di questo termometro è stata individuata grazie a esperimenti genetici da ricercatori del John Innes Centre, struttura del Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC) britannico.

La ricerca, pubblicata su «Cell», si è concentrata sul patrimonio genetico di una varietà di *Arabidopsis* (*nella foto*) per capire quale, fra un gruppo di geni, fosse attivato dall'aumentare della temperatura. I geni sono stati resi «luminescenti», in modo che una volta attivati le piante si «accendessero». I ricercatori hanno così individuato il gene termometro, che una volta disattivato ha fatto sì che la pianta crescesse anche a basse temperature. In futuro questi geni potrebbero essere utili per colture resistenti ai cambiamenti climatici». (LeGa)

Come suona l'universo

Che rumore fa una stella che esplode? Nessuno lo sa, perché il suono non si propaga nel vuoto dello spazio. Tuttavia possiamo «sonificare», cioè tradurre in suoni, la luce proveniente dal cosmo. È questa l'idea di Rhythms of the Universe, un progetto di sonificazione promosso da Mickey Hart, vincitore del Grammy Award e batterista dei Grateful Dead, un gruppo rock molto amato.



Grazie a osservazioni di supernove (*nella foto, Cassiopea A*) e altri dati astrofisici, Hart ha realizzato una composizione musicale presentata a gennaio alla conferenza Cosmology at the Beach, in Messico. Il lavoro ha catturato l'attenzione del premio Nobel per la fisica George Smoot, fra i promotori della conferenza.

Tra i partecipanti al progetto c'è anche Keith Jackson, musicista e informatico al Lawrence Berkeley National Laboratory. La luce è formata da onde elettromagnetiche di altissima frequenza, che Jackson ha «abbassato» fino al dominio delle frequenze udibili. Da questi suoni Hart ha composto musica. La sonificazione è quindi anche uno strumento divulgativo e potrebbe divenire un mezzo per consentire anche ai non vedenti l'analisi di dati scientifici in genere rappresentati da grafici. (MaRa)

NASA/CXC/MIT/UMass Amherst/M.D. Stage e altri (*Cassiopea A*); Vasiliy Koval/iStockphoto (*arabidopsis*), MH/iStockphoto (*tavola periodica*)

HERMES vede, HERMES racconta

Un nuovo dispositivo elettronico è in grado di vedere il movimento di un essere umano e di descriverlo in linguaggio naturale. Si chiama HERMES (Human Expressive Graphic Representation of Motion and their Evaluation in Sequences) ed è stato creato da un consorzio internazionale di istituzioni, fra cui l'Universitat Autónoma de Barcelona (UAB). Juan José Villanueva, professore al Dipartimento di informatica dell'UAB, ha coordinato il lavoro, che conta ben sette progetti condotti in Germania, Spagna, Svizzera, Regno Unito e Danimarca.

HERMES osserva una scena visiva da tre punti di vista differenti: distante, per cogliere la figura nel suo insieme; medio, per riconoscerne la postura; ravvicinato, per analizzare le espressioni facciali. La vera innovazione di questo sofisticato sistema è che può descrivere quello che vede in linguaggio naturale, grazie a un *avatar* multilingue. Gli scienziati che lo hanno progettato ritengono che HERMES, o le sue future evoluzioni, potrà essere usato per la videosorveglianza, contro il crimine o per la sicurezza individuale. In laboratorio, infatti, il sistema è riuscito a rilevare il malore di una persona anziana e a dare immediatamente l'allarme. **(FeSg)**

Meno marijuana in L.A.

Il sindaco di Los Angeles ha deciso di limitare drasticamente il numero delle rivendite di marijuana per uso terapeutico autorizzate in città. Oggi nella città statunitense ce ne sono quasi 1000, più alcuni Starbucks, la famosa catena di caffè. Ma la nuova ordinanza, che stabilisce parametri molto stretti su posizione e orari d'apertura, autorizzerà solo 70 rivendite. Non è ancora chiaro, però, come e quando verrà applicata.

La decisione ha provocato la reazione delle associazioni di pazienti, che vedranno limitate le possibilità di accesso ai farmaci che contengono i principi attivi della marijuana, usati per trattare la nausea da chemioterapia e per stimolare l'appetito in pazienti affetti da AIDS. Altre applicazioni potrebbero rivelarsi utili per sclerosi multipla, epilessia e terapia del dolore. Oggi sono una dozzina gli Stati che regolamentano l'uso medico della marijuana e dei suoi derivati farmacologici. **(AlDe)**

I diamanti del sistema solare

L'interno di Urano e Nettuno, i giganti gassosi ai confini del sistema solare, è attraversato da oceani di carbonio su cui galleggiano blocchi di diamanti. Lo dimostra, su «Nature Physics», un gruppo di fisici del Lawrence *Livermore* National Laboratory, che, grazie al potente laser Omega dell'Università di Rochester, ha studiato la pressione di fusione del diamante, una delle forme cristalline del carbonio. Per misurare il punto di fusione del più resistente

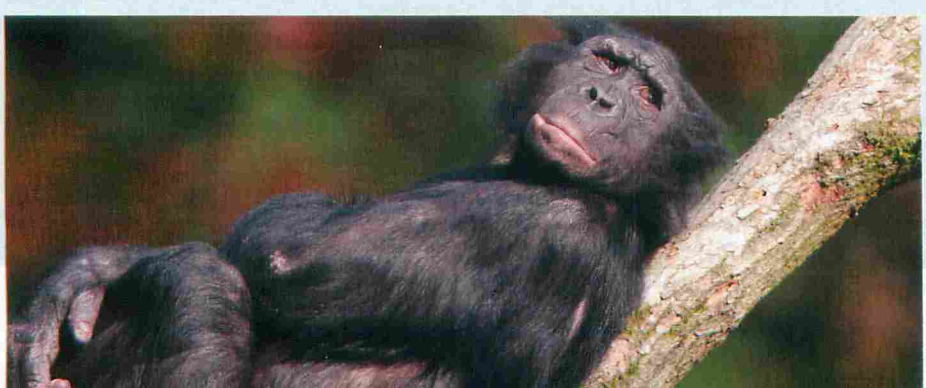
materiale conosciuto in natura, gli studiosi hanno ricreato le condizioni di pressione esistenti su Urano e Nettuno (*nella foto*), 40 milioni di volte più grande rispetto a quella terrestre a livello del mare. La sorpresa è che il diamante si comporta come l'acqua: allo stato solido è meno denso che in forma liquida. Riscaldato a temperature estreme, si modifica trasformandosi in grafite, che poi si scioglie. Il risultato è un mare di carbonio su cui fluttuano piccoli blocchi di diamante. Un oceano di diamanti potrebbe spiegare le analogie nell'orientamento del campo magnetico dei due pianeti. **(DaPa)**

BONOBO E SCIMPANZÈ, COSÌ SIMILI COSÌ DIVERSI

Seppure geneticamente vicini, scimpanzè e bonobo presentano marcate differenze nel fisico, nel comportamento e nelle facoltà cognitive. Per molti versi, i bonobo adulti sembrano mantenere caratteri giovanili: conservano tratti infantili nel cranio, sono meno aggressivi fra loro e più inclini a giocare e a condividere il cibo.

Victoria Wobber, studiosa di evoluzione umana alla Harvard University, mostra ora su «Current Biology» che la situazione è proprio questa. Confrontando in una serie di compiti individui di ogni età delle due specie, Wobber ha verificato che i bonobo hanno, per certi aspetti, una traiettoria di sviluppo simile agli scimpanzè, ma ritardata. Per esempio, mentre i giovani delle due specie sono altrettanto propensi a mangiare con un simile da una stessa fonte, nei soli scimpanzè adulti questa disponibilità cala molto.

Considerate le differenze nel cranio, Wobber ipotizza che le discrepanze discendano dal ritardo di un medesimo processo dello sviluppo cerebrale che influenza caratteri fisici e mentali connessi. Un fenomeno interessante da approfondire, perché a un'accelerazione dei tempi di maturazione sociale sono ascritte alcune peculiarità cognitive umane. **(GiSa)**



Dmitriy Nerov/iStockphoto (*marijuana*); NASA/L. Sromovsky e P. Fry, Università del Wisconsin a Madison (*Nettuno*); Ronald van der Beek/iStockphoto (*bonobo*)

In cerca di vita nel MULTIVERSO

Alcune teorie ipotizzano l'esistenza di altri universi regolati da leggi fisiche diverse dalle nostre e adatti a ospitare forme di vita

di Alejandro Jenkins e Gilad Perez

IN SINTESI

- Dal vuoto primordiale che ha generato il nostro universo potrebbero essere emersi molti altri universi, ciascuno dotato di leggi fisiche proprie.
- Assumendo che esistano realmente, molti di questi universi potrebbero contenere strutture complesse e forse anche alcune forme di vita.
- Queste scoperte suggeriscono che, contrariamente a quanto si riteneva in passato, il nostro universo potrebbe non essere «regolato finemente» per l'evoluzione di esseri viventi.

Il tipico eroe dei film d'azione passa il tempo sfuggendo miracolosamente alla morte. Orde di cattivi fanno fuoco su di lui da più direzioni, ma lo mancano per un soffio. Le automobili esplodono esattamente una frazione di secondo dopo che si è messo al riparo, sfuggendo alla deflagrazione. E i suoi amici arrivano in soccorso un attimo prima che il pugnale del nemico gli tagli la gola. Se solo uno di questi eventi avvenisse in modo leggermente diverso, dovremmo dire addio al nostro eroe. Eppure, anche se è la prima volta che vediamo il film, sappiamo che arriverà sano e salvo ai titoli di coda.

Per certi aspetti la storia del nostro universo somiglia a un film d'azione. Molti fisici hanno sostenuto che un piccolo cambiamento in una delle leggi fisiche fondamentali avrebbe un esito disastroso che altererebbe l'evoluzione cosmica rendendo impossibile la nostra esistenza. Per esempio, se la forza nucleare forte, che lega tra loro le particelle che formano i nuclei atomici, fosse leggermente più forte o più debole, le stelle avrebbero sintetizzato una quantità molto ridotta di carbonio e degli altri elementi necessari alla formazione dei pianeti e degli esseri viventi. Se il protone pesasse lo 0,2 per cento in più rispetto al valore misurato, l'idrogeno primordiale avrebbe sperimentato un decadimento radioattivo quasi immediato e gli atomi non si sarebbero formati. Ma l'elenco non finisce qui.

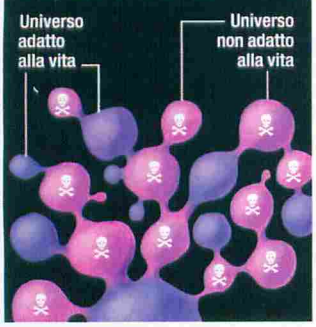
Quindi le leggi fisiche – e in particolare le costanti naturali che rientrano in queste leggi, come l'intensità delle forze fondamentali – potrebbero sembrare regolate su misura per rendere possibile la nostra esistenza.

Senza scomodare spiegazioni soprannaturali, che sono per definizione estranee all'ambito scientifico, molti fisici e cosmologi hanno tentato, fin dagli anni settanta, di risolvere l'enigma ipotizzando che il nostro universo sia solo uno

Slim Films

CHE COS'È IL MULTIVERSO?

Oggi gli universi alternativi sono materia di studio pienamente accettata, anche perché potrebbero esistere davvero. Secondo la teoria cosmologica più accreditata, un impulso di espansione esponenziale, la cosiddetta inflazione, ha generato il nostro universo partendo da una microscopica regione di vuoto primordiale. Il vuoto però potrebbe generare in modo continuo altri universi, ciascuno dotato di proprie leggi fisiche. Alcuni di questi universi, ma non tutti, sarebbero adatti a ospitare forme di vita.



una moltitudine di universi, ciascuno con proprie leggi. Secondo questo «principio antropico», potremmo trovarci proprio nel raro universo in cui la giusta combinazione di condizioni ha reso possibile la vita.

È sorprendente che la teoria cosmologica più accreditata, proposta negli anni ottanta, ammetta la possibile esistenza di questi universi paralleli, anzi ipotizzi che una moltitudine di universi venga generata incessantemente dal vuoto primordiale allo stesso modo in cui il nostro nacque nel big bang. Il cosmo dove ci troviamo non sarebbe che uno dei molti universi contenuti in un multiverso più ampio. Le leggi fisiche della stragrande maggioranza di questi universi potrebbero non consentire la formazione della materia a noi nota, né di galassie, stelle, pianeti ed esseri viventi. Ma, considerando il numero davvero enorme di possibilità, la probabilità che la natura pescasse almeno una volta la «giusta» combinazione di leggi non è certo bassa.

Nostri recenti studi, però, indicano che alcuni di questi altri universi, ammesso che esistano, potrebbero non essere affatto inospitali. Abbiamo individuato esempi di valori alternativi delle costanti fondamentali, e quindi insiemi alternativi di leggi fisiche, che potrebbero produrre mondi estremamente interessanti e forse anche adatti alla vita. L'idea di base consiste nell'alterare un aspetto delle leggi naturali e poi introdurre negli altri aspetti opportune correzioni.

Nel nostro lavoro non abbiamo affrontato il più arduo dei problemi di «regolazione fine» nella fisica teorica: il valore molto piccolo della costante cosmologica, grazie a cui il nostro universo non è collassato nel nulla una frazione di secondo dopo il big bang, né è stato disperso da un'accelerazione esponenziale dell'espansione cosmica. Gli esempi di universi alternativi, potenzialmente abitabili, sollevano però interrogativi interessanti, e sollecitano ulteriori ricerche sulla possibile unicità del nostro universo.

Vivere senza la forza debole

Il metodo convenzionale per stabilire se una data costante naturale ha un valore «speciale» consiste nel renderla un parametro modificabile e nell'alterarne il valore lasciando invariate le altre costanti. Sulla base di queste nuove leggi fisiche modificate, gli scienziati «proiettano il film» dell'universo – con calcoli, scenari ipotetici o simulazioni al computer – per vedere quale disastro accada. Ma non c'è motivo per alterare solo un parametro alla volta. È come se si tentasse di guidare l'automobile cambiando solo latitudine o longitudine, ma non entrambe: a meno che non si stia percorrendo un reticolo di vie perpendicolari, pri-

Come scoprire universi abitabili

Molte caratteristiche delle leggi naturali sembrano regolate su misura: in genere una piccola modifica a una delle costanti che troviamo nelle equazioni della fisica provoca un «disastro». Per esempio la formazione di atomi diventa impossibile, o la materia si disperde nello spazio in modo così rarefatto che non può aggregarsi per formare galassie, stelle e pianeti. Se però si modificano simultaneamente due costanti, in alcuni casi si ottengono valori compatibili con la formazione di strutture complesse e forse anche con la nascita di forme di vita intelligente. La modifica di tre o più costanti aumenta ulteriormente le possibilità.

Lucy Reading-Ikkanda (*multiverso e grafici*)

ma o poi si uscirà di strada. Viceversa, è possibile cambiare simultaneamente diversi parametri.

Per trovare insiemi alternativi di leggi fisiche in grado di generare strutture complesse che consentano l'esistenza della vita, uno di noi (Perez) non si è limitato a piccole correzioni delle leggi fisiche note, ma ha eliminato una delle quattro forze fondamentali della natura.

Dato il nome, le forze fondamentali sembrerebbero aspetti imprescindibili di qualunque universo che si rispetti. Senza la forza nucleare forte, che lega i quark nei protoni e nei neutroni e questi ultimi nei nuclei atomici, la materia che conosciamo non esisterebbe. Senza la forza elettromagnetica non ci sarebbe luce, ma non potrebbero esistere neppure atomi e legami chimici. Senza la gravità, non ci sarebbe alcuna forza in grado di aggregare la materia in galassie, stelle e pianeti.

La quarta, la forza nucleare debole, mantiene un profilo più basso nella nostra vita quotidiana, ma ha svolto un ruolo fondamentale nella storia dell'universo. Tra le altre cose, la forza debole permette le reazioni che trasformano i neutroni in protoni e viceversa. Nei primi istanti del big bang, dopo che i quark (tra le prime forme di materia a comparire) si erano riuniti in gruppi di tre formando protoni e neutroni – collettivamente chiamati barioni – insiemi di quattro protoni si sono potuti fondere, producendo nuclei di elio-4, composti da due protoni e due neutroni. La cosiddetta nucleosintesi del big bang è avvenuta quando l'universo aveva pochi secondi di vita ed era già abbastanza freddo da consentire la formazione dei barioni, ma ancora sufficientemente caldo da permettere agli stessi barioni di sostenere la fusione dei nuclei. Nella nucleosintesi del big bang sono stati prodotti l'idrogeno e l'elio che in seguito hanno generato le stelle, al cui interno la fusione nucleare e altri processi hanno sintetizzato quasi tutti gli altri elementi esistenti in natura. Ancora oggi il Sole produce la maggior parte della sua energia grazie alla fusione di protoni in nuclei di elio-4.

Senza la forza nucleare debole, quindi, sembra improbabile che un universo possa ospitare qualcosa di simile a processi chimici complessi, e tanto meno forme di vita. Eppure nel 2006 Perez ha scoperto un insieme di leggi, basate solo sulle altre tre forze, che ha portato a un universo ospitale.

L'eliminazione della forza nucleare debole ha richiesto diverse modifiche al modello standard della fisica delle particelle, la teoria che descrive tutte le forze eccetto quella di gravità. Perez ha dimostrato che le modifiche si possono apportare in modo che il comportamento delle tre forze rimanenti, insieme ad altri parametri cruciali come le masse dei quark, resti invariato rispetto al nostro mondo. Vogliamo sottolineare che si è trattato di una scelta prudente, dettata dall'intenzione di facilitare il calcolo dell'evoluzione di un universo del genere. È perfettamente possibile che esistano altri universi privi di forza debole, abitabili ma diversi dal nostro.

Nell'universo senza forza debole, la normale fusione di protoni in nuclei di elio diventa impossibile, visto che richiede la trasformazione di due protoni in neutroni. Ma la sintesi degli elementi seguirebbe altre vie. Per esempio il nostro universo contiene un enorme eccesso di materia rispetto all'antimateria. Ma una piccola correzione del parametro che controlla questa asimmetria permette alla nucleosintesi del big bang di produrre una quantità rilevante di nuclei di deuterio. Quest'ultimo, chiamato anche idrogeno-2, è l'isotopo dell'idrogeno il cui nucleo contiene un neutrone oltre al solito protone. Quindi le stelle continuerebbero a brillare grazie alla fusione di un protone e di un nucleo di deuterio in un nucleo di elio-3 (contenente due protoni e un neutrone).

Le stelle di un universo senza forza debole sono più piccole e fredde rispetto a quelle del nostro cosmo. Secondo simulazioni al computer condotte dall'astrofisico Adam Burrows, della Princeton University, queste stelle potrebbero bruciare per circa 7 miliardi di anni – circa l'età attuale del Sole – e irradiare energia con un tasso equivalente a una frazione di quello solare.

La prossima generazione

Come le stelle del nostro universo, quelle di un cosmo privo di forza debole sintetizzano elementi con peso atomico uguale a quello del ferro, o minore, con ulteriori reazioni di fusione. Invece le reazioni che nelle stelle conosciute generano elementi più pesanti del ferro diventano impossibili, soprattutto perché i nuclei hanno a disposizione pochi neutroni da catturare per formare isotopi più pesanti, il primo passo per formare elementi di peso atomico più elevato. Altri meccanismi però potrebbero permettere la sintesi di piccole quantità di elementi più pesanti, fino allo stronzio.

Nel nostro universo le esplosioni di supernova sintetizzano alcuni elementi e disperdono nello spazio gli elementi prodotti dalla stella morente. Ci sono diversi tipi di supernove: nell'universo senza forza debole le esplosioni di supernova dovute al collasso di stelle supermassicce non possono avvenire, perché è l'emissione di neutrini, prodotti tramite interazioni della forza debole, a trasferire energia all'esterno del nucleo stellare, sostenendo l'onda d'urto che causa l'esplosione. Tuttavia è possibile un secondo tipo di supernova, ovvero

ALTRI MONDI PARALLELI

Fisici e cosmologi – e spesso anche gli scrittori di fantascienza – discutono di universi paralleli in contesti differenti: esistono almeno tre concetti di multiverso distinti da quello descritto in questo articolo.

▼ SFERA DI HUBBLE

Probabilmente il nostro universo è molto più grande della regione che osserviamo, la cosiddetta «sfera di Hubble». Se la sua grandezza è infinita, allora devono esistere infinite sfere di Hubble, diverse tra loro, centrate su osservatori situati in galassie molto distanti. Alcune potrebbero essere identiche alla nostra, con un'altra versione di voi stessi che legge l'articolo.

«Sfera di Hubble»

▼ BRANE

Se lo spazio ha più di tre dimensioni, il nostro universo potrebbe essere una delle tante membrane tridimensionali, o «brane», che si trovano in uno spazio multidimensionale più grande. Questi universi paralleli possono influenzarsi a vicenda e collidere.

Brane parallele

▼ L'IPOTESI DEI MOLTI MONDI

Secondo la fisica quantistica, un oggetto può esistere in molteplici stati – come il celebre gatto che è simultaneamente vivo e morto – e solo uno stimolo esterno lo costringerà ad assumere uno di questi stati. Alcuni fisici ritengono che tutti gli stati possibili continuino a esistere, ciascuno in una versione separata di un universo «ramificato».

Gatto di Schrödinger

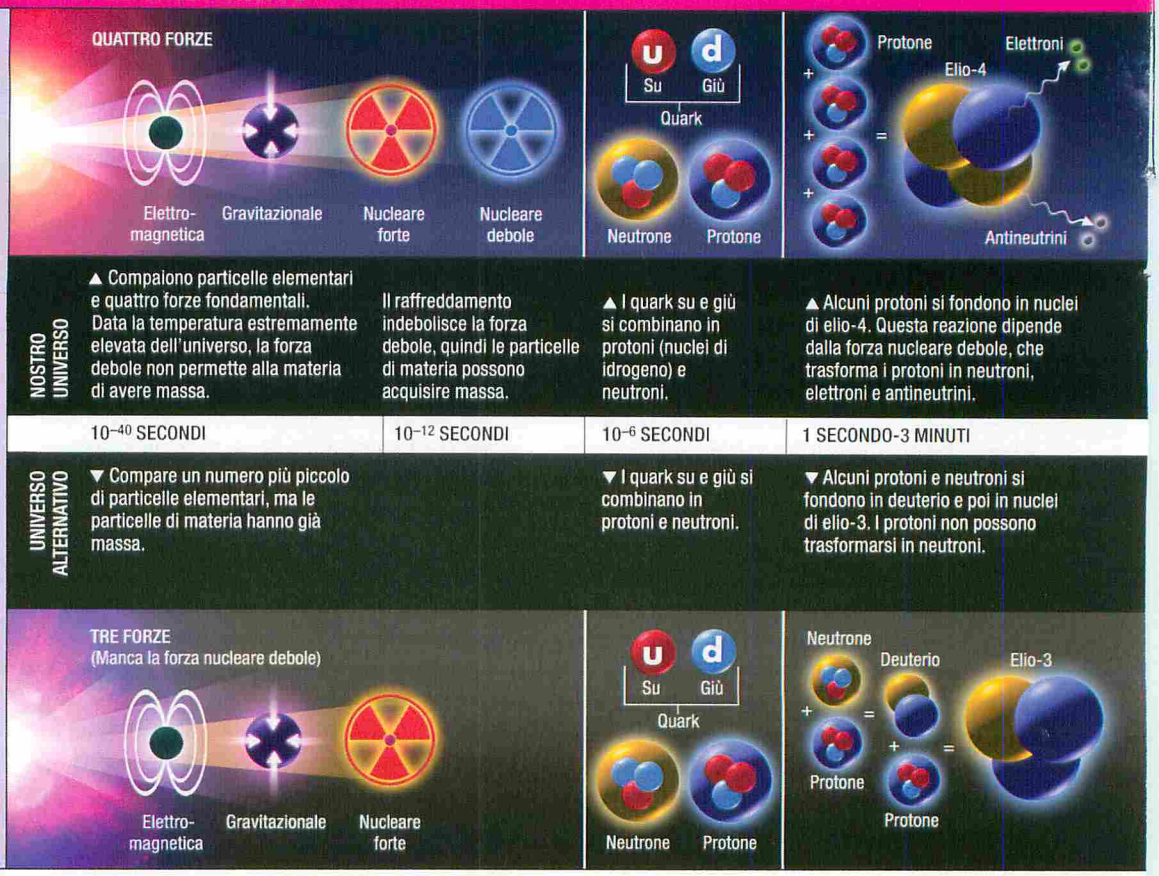
NASA (spazio profondo nella «sfera di Hubble»); Lucy Reading-Ikkanda (brane e gatto)

Breve storia di un universo alternativo

Anche un universo con tre forze fondamentali, invece di quattro, può sembrare familiare. Ecco come scoprirlo.

- Eliminare la forza nucleare debole modificando alcune «costanti» del modello standard della fisica delle particelle.
- Mantenere le altre tre forze identiche a quelle presenti nel nostro universo.
- Modificare altri parametri per facilitare la fusione nucleare nelle stelle.

Il risultato è un mondo con strutture complesse in grado di ospitare forme di vita simili a quelle terrestri.



l'esplosione termonucleare di una stella innescata da fenomeni di accrescimento e accumulo di materia, e non da un collasso gravitazionale. In questo modo gli elementi si possono disperdere nello spazio, dove possono formare nuove stelle e pianeti.

Dato che le stelle dell'universo senza forza debole sono relativamente fredde, un corpo di tipo terrestre dovrebbe essere sei volte più vicino alla propria stella per avere una temperatura simile a quella della Terra. Gli abitanti di questo pianeta vedrebbero il Sole molto più grande. Ma le differenze non finiscono qui. La tettonica a placche e l'attività vulcanica della Terra sono alimentate dal decadimento radioattivo di uranio e torio nelle profondità del pianeta. In un universo privo di questi elementi pesanti, un pianeta terrestre sarebbe noioso dal punto di vista geologico, a meno che i processi gravitazionali non forniscano una fonte alternativa di calore, come accade per alcuni satelliti di Giove e Saturno.

La chimica, invece, rimarrebbe molto simile a quella che conosciamo. Il sistema periodico però si fermerebbe al ferro, con l'eccezione di tracce infinitesimali di elementi più pesanti. Ma questo limite non impedirebbe l'evoluzione di forme di vita simili a quelle conosciute. Quindi anche un universo con tre forze fondamentali potrebbe essere adatto alla vita.

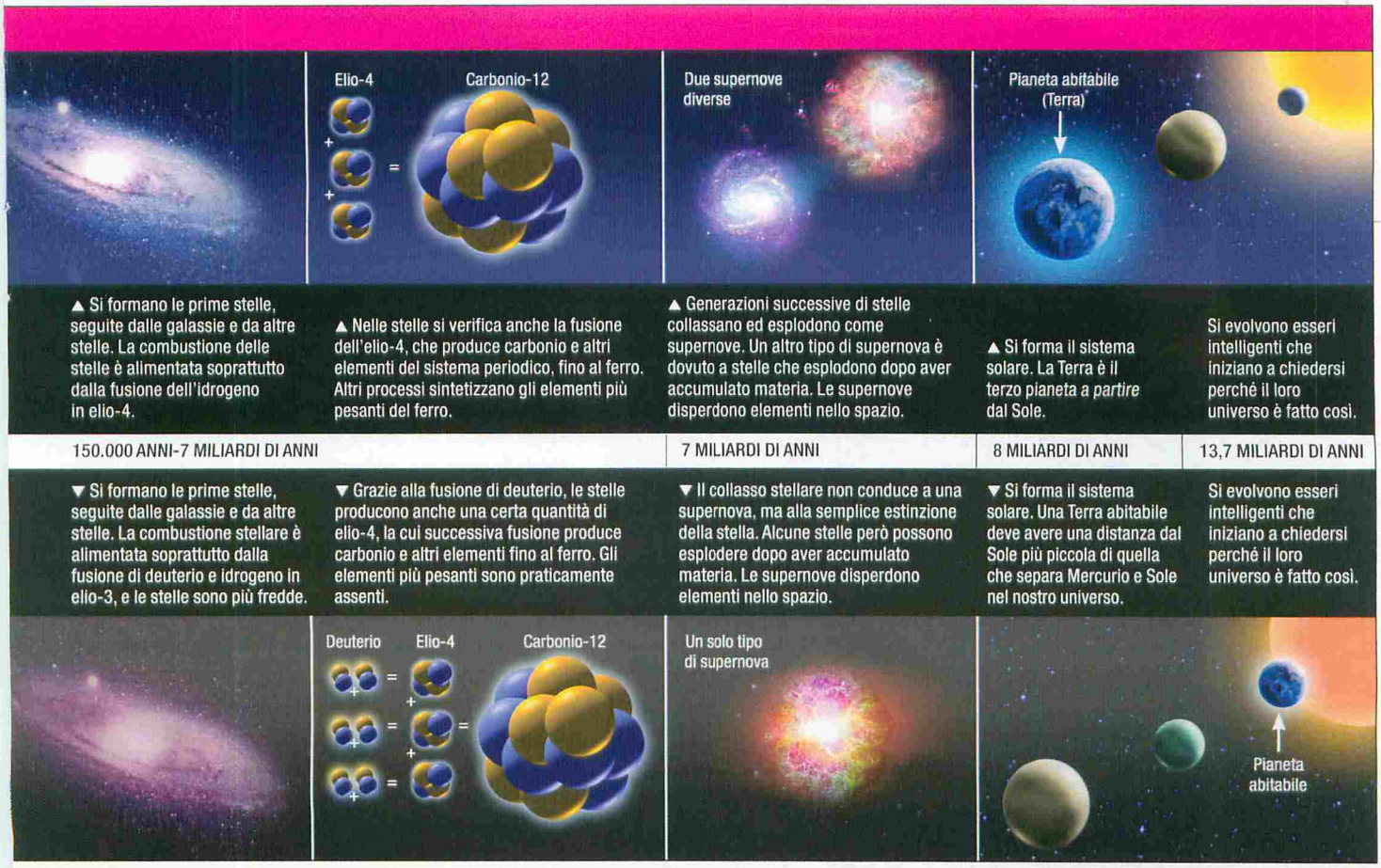
Un altro approccio, seguito da uno di noi (Jenkins), consiste nel cercare un insieme di leggi fisiche alternative modificando il modello standard in misura minore rispetto all'ipotesi dell'universo senza forza debole, pur intervenendo su più parametri contemporaneamente. Nel 2008 Jenkins ha studiato fino a che punto si possono variare le masse dei tre quark più leggeri – i quark «su», «giù» e «strano» – senza rendere impossibile la chimica organica. La modifica delle masse dei quark determina inevitabilmente quali barioni e quali nuclei atomici possono esistere senza decadere rapidamente. A sua volta, il diverso assortimento di nuclei atomici influenza i processi chimici.

Per capire qual è il nostro posto nel multiverso forse dovremmo conoscere meglio gli altri universi

La chimica dei quark

Sembra plausibile che forme di vita intelligenti (ammesso che non siano troppo diverse da noi) richiedano una forma di chimica organica, che per definizione è la chimica del carbonio. Le proprietà chimiche di questo elemento derivano dal fatto che il suo nucleo ha una carica elettrica pari a

Slim Films



6, quindi sei elettroni orbitano intorno al nucleo di un atomo neutro. Queste proprietà permettono al carbonio di formare una varietà immensa di molecole complesse. (L'ipotesi spesso sviluppata da scrittori di fantascienza, secondo cui forme di vita extraterrestri potrebbero essere basate sul silicio, l'elemento successivo del gruppo del carbonio nel sistema periodico, è poco verosimile, dato che non si conoscono molecole del silicio con complessità significativa.) Inoltre la formazione di molecole organiche complesse richiede la presenza di elementi con proprietà chimiche dell'idrogeno (carica del nucleo pari a 1) e dell'ossigeno (carica 8). Per capire se la chimica organica può conservarsi in un universo alternativo è quindi necessario calcolare se i nuclei con carica 1, 6 e 8 subiscono un decadimento radioattivo prima di poter partecipare a reazioni chimiche (*si veda il box a p. 52*).

La stabilità di un nucleo dipende in parte dalla sua massa, che a sua volta è funzione della massa dei barioni da cui è composta. Calcolare le masse di barioni e nuclei partendo da quelle dei quark è estremamente difficile anche nel nostro universo. Ma, dopo aver modificato l'intensità delle interazioni tra quark, si possono usare le masse dei barioni misurate nel nostro universo per stimare gli effetti sulle masse dei nuclei causati da piccole variazioni delle masse dei quark.

Nel nostro mondo il neutrone pesa circa lo 0,1 per cento in più del protone. Se modifichiamo le masse dei quark in modo che il neutrone pesi il due per cento in più del protone, non otteniamo forme stabili di carbonio e ossigeno. Se modifichiamo le masse dei quark per far pesare il protone più del neutrone, il protone di un nucleo di idrogeno cattura l'elettrone dell'orbitale atomico, trasformandolo in un neutrone. Come risultato gli atomi di idrogeno hanno una vita molto breve. Tuttavia il deuterio o il trizio (idrogeno-3) e alcune forme di ossigeno e di carbonio possono essere stabili. In effetti, abbiamo scoperto che le forme stabili di idrogeno sono assenti solo se il protone pesa oltre il due per cento in più del neutrone.

Se sostituiamo l'idrogeno con il deuterio o il trizio, gli oceani diventano composti da acqua pesante, che ha proprietà fisiche e chimiche leggermente diverse dall'acqua ordinaria. Ma, ancora una volta, un mondo del genere non sembra presentare ostacoli fondamentali all'evoluzione di forme di vita organica.

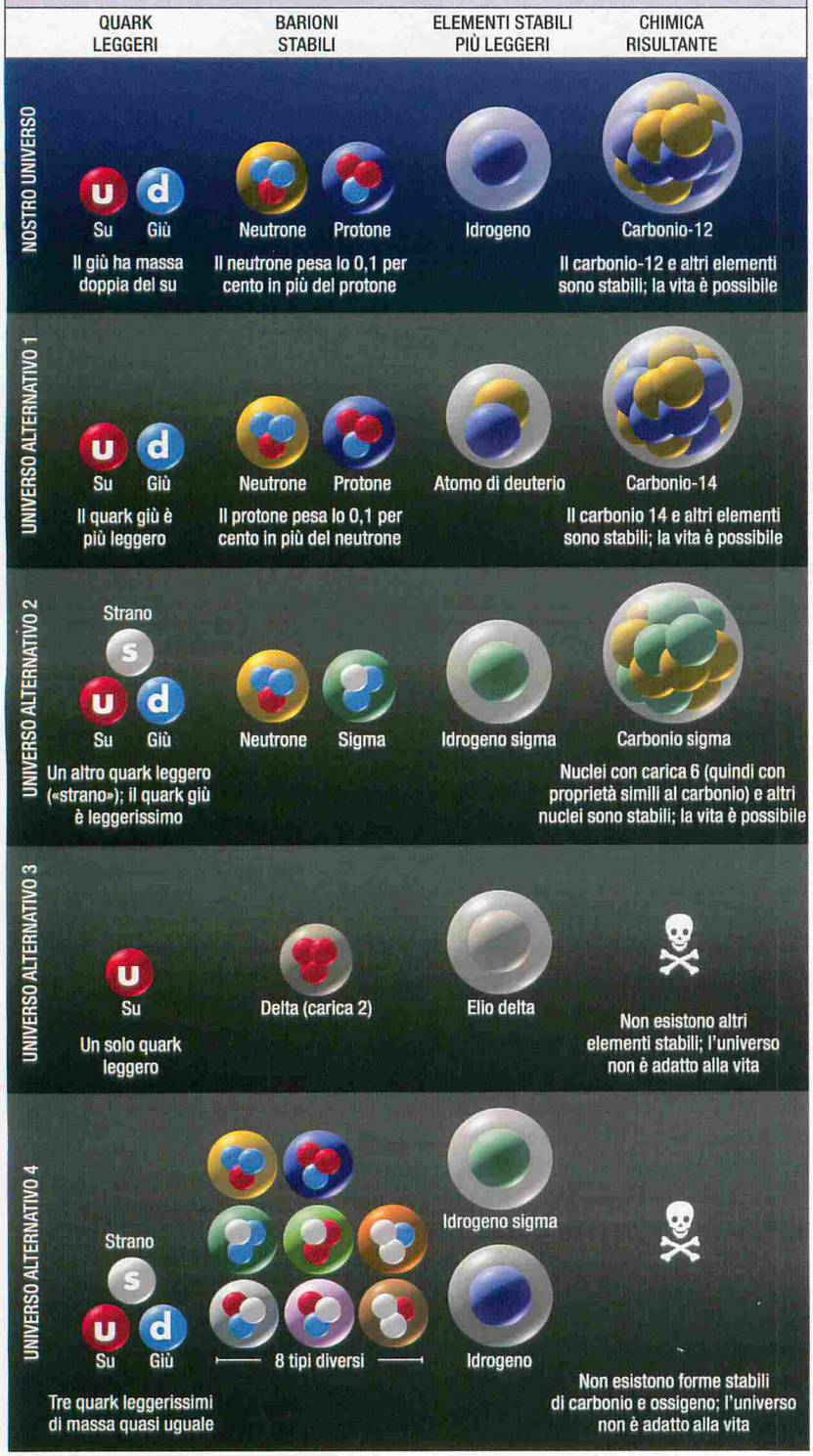
GLI AUTORI

ALEJANDRO JENKINS fa parte del Gruppo di fisica delle alte energie della Florida State University. Ha conseguito diplomi alla Harvard University e al California Institute of Technology e ha iniziato a studiare gli universi alternativi al Massachusetts Institute of Technology. GILAD PEREZ è fisico teorico al Weizmann Institute of Science di Rehovot, in Israele, dove nel 2003 ha ottenuto il Ph.D. Durante un periodo trascorso al Lawrence Berkeley National Laboratory, si è occupato dello studio del multiverso. Ha lavorato anche alla Stony Brook University, alla Boston University e alla Harvard University.

Cortesia Charles Suggs, MIT Center for Theoretical Physics (*Jenkins*); cortesia Gilad Perez (*Perez*)

Divertirsi con la materia

Immaginiamo di modificare le masse dei quark leggeri (ovvero di quelli che formano barioni stabili, come neutroni e protoni). È ancora possibile ottenere gli elementi fondamentali per le forme di vita che conosciamo? Il requisito minimo è che l'universo ottenuto con la modifica contenga nuclei stabili di carica elettrica 1, 6 e 8. Questi valori di carica determinano infatti proprietà simili alle proprietà rispettivamente di idrogeno, carbonio e ossigeno. Ecco alcuni esempi di quanto può succedere.



Nel nostro universo, il terzo dei quark più leggeri – il quark strano – è troppo pesante per partecipare alla fisica del nucleo. Se però la sua massa viene ridotta di un fattore superiore a circa dieci, i nuclei possono essere composti non solo da protoni e neutroni, ma anche da altri barioni contenenti quark strani.

Per esempio il nostro gruppo di ricerca ha identificato un universo in cui i quark su e strano hanno circa la stessa massa, mentre il quark giù è molto più leggero. In questo caso i nuclei atomici non sarebbero composti da protoni e neutroni, ma da neutroni e da un tipo di barione chiamato Σ^- («sigma meno»). Quindi anche un universo drasticamente diverso dal nostro potrebbe ospitare forme stabili di idrogeno, carbonio e ossigeno, e dunque una chimica organica. Tuttavia ancora non sappiamo se questi elementi sarebbero prodotti in quantità sufficienti all'evoluzione di esseri viventi.

In ogni caso, la vita emergerebbe in modo simile a quanto è avvenuto nel nostro mondo. I fisici di questo universo potrebbero meravigliarsi del fatto che i quark su e strano hanno masse quasi identiche. Potrebbero anche pensare che una coincidenza tanto straordinaria deve avere una spiegazione antropica, basata sulla necessità di una chimica organica. Ma noi sappiamo che sarebbe una spiegazione sbagliata. Nel nostro mondo infatti la chimica organica è possibile anche se le masse dei quark su e strano sono molto diverse.

D'altra parte, probabilmente la chimica organica è impossibile in universo in cui i tre quark più leggeri hanno masse più o meno uguali: ciascun nucleo con più di due unità di carica elettrica finirebbe per decadere quasi subito. Purtroppo è molto difficile ricostruire in dettaglio le storie di universi con parametri fisici diversi dal nostro. È un problema che richiede ulteriori ricerche.

Paesaggi di stringhe

Secondo alcuni fisici teorici la «regolazione fine» è una prova indiretta dell'esistenza del multiverso. I nostri risultati mettono quindi in dubbio il concetto stesso di multiverso? Riteniamo di no, per due ragioni. La prima deriva dall'osservazione combinata con la teoria. I dati astronomici sostengono l'ipotesi secondo cui l'universo sia nato da una minuscola regione dello spazio-tempo, forse non più grande di un miliardesimo del diametro del protone, che ha attraversato una fase di crescita molto rapida ed esponenziale, chiamata inflazione. Ancora non è stato elaborato un modello teorico definitivo dell'inflazione, ma si ritiene che regioni differenti dello spazio-tempo avessero tassi di espansione diversi e che ciascuna regione abbia

Slim Films

formato una «tasca», poi diventata un universo vero e proprio, caratterizzato da specifici valori delle costanti naturali (si veda *Un universo inflazionario che si autoriproduce*, di Andrei Linde, in «Le Scienze» n. 317, gennaio 1995). Lo spazio tra gli universi continuerebbe a espandersi con un tasso tanto elevato da rendere impossibili viaggi o comunicazioni tra una regione e un'altra, anche alla velocità della luce.

Il secondo motivo per ipotizzare l'esistenza del multiverso è il valore straordinariamente peculiare e preciso della costante cosmologica, che rappresenta la quantità di energia racchiusa nello spazio vuoto. Secondo la fisica quantistica, anche lo spazio vuoto deve contenere energia. La teoria generale della relatività di Einstein stabilisce che qualsiasi forma di energia esercita una forza gravitazionale. Se l'energia del vuoto è positiva, lo spazio-tempo si espande a un tasso che accelera in modo esponenziale; se è negativa, l'universo collassa in un big crunch. La teoria dei quanti sembra comportare tanto elevato un valore della costante cosmologica da produrre un'espansione dello spazio troppo rapida, che non permette la formazione di strutture come le galassie, oppure un universo che collassa dopo una frazione di secondo.

Il nostro universo avrebbe evitato questi disastri perché gli effetti della costante cosmologica sarebbero annullati da qualche altro termine delle equazioni. Il problema è che questo termine dovrebbe avere un valore specifico ed estremamente preciso: basta una differenza nella centesima cifra decimale per produrre un universo privo di strutture significative.

Nel 1987 il premio Nobel Steven Weinberg, fisico teorico dell'Università del Texas ad Austin, aveva proposto una spiegazione antropica. Weinberg aveva calcolato un limite superiore al valore della costante compatibile con l'esistenza di esseri viventi. Se il valore è più grande, lo spazio si espande così rapidamente che l'universo sarebbe privo delle strutture necessarie a qualunque forma di vita. In un certo senso, quindi, la nostra stessa esistenza porta a prevedere un piccolo valore per la costante.

Alla fine degli anni novanta si è scoperto che l'espansione dell'universo sta effettivamente accelerando, alimentata da una misteriosa forma di «energia oscura». Il tasso di espansione osservato implica un valore positivo molto piccolo della costante cosmologica – all'interno dell'intervallo stimato da Weinberg – indicando che l'energia oscura deve essere molto diluita.

La costante cosmologica sembra quindi regolata in modo eccezionalmente fine. Inoltre, in questo caso i metodi da noi applicati alla forza nucleare debole e alle masse dei quark sembrano fallire, perché è impossibile individuare universi ospitali con una costante cosmologica di valore significativamente più grande rispetto a quello osservato. Nell'ambito di un multiverso, dunque, la grande maggioranza degli universi avrebbe costanti cosmologiche incompatibili con la formazione di strutture.

Se vogliamo trarre un'analogia dal mondo reale – non dalla finzione cinematografica – immaginiamo migliaia di persone che attraversano a piedi una regione montuosa e desertica. I pochi superstiti racconterebbero storie di pericoli sfiorati, incontri con serpenti velenosi e salvataggi così miracolosi da apparire poco credibili.

Le spiegazioni basate sulla teoria delle stringhe – che descrive tutte le forze come vibrazioni di stringhe microscopiche – sembrano confermare uno scenario del genere. Durante l'inflazione la costante cosmologica e altri parametri avrebbero assunto un intervallo di valori quasi illimitato, chiamato paesaggio della teoria delle stringhe (si veda *Il paesaggio della teoria delle stringhe*, di Raphael Bousso e Joseph Polchinski, in «Le Scienze» n. 435, novembre 2004).

Il nostro lavoro, però, solleva qualche dubbio sull'utilità del ragionamento antropico, almeno al di fuori del caso della costante cosmologica, e pone quesiti importanti. Per esempio: se la vita è possibile in un mondo privo di forza debole, perché questa forza è presente nel nostro universo? In effetti, i fisici delle particelle ritengono che nel nostro mondo questa forza non sia, in un certo senso, abbastanza debole. Il valore osservato appare troppo alto nel contesto del modello standard. (La spiegazione più accettata di questo enigma richiede l'esistenza di nuove particelle e forze che i fisici sperano di individuare con il Large Hadron Collider del CERN di Ginevra.)

Secondo molti teorici, quindi, nella maggior parte degli universi le interazioni deboli hanno un'intensità così bassa da risultare assenti. La vera sfida, allora, potrebbe consistere nello spiegare perché non viviamo in un universo senza forza debole.

In definitiva, si potrà rispondere a queste domande solo conoscendo in modo più approfondito il modo in cui nascono gli universi. In particolare potremmo scoprire principi fisici a un livello più fondamentale, in funzione dei quali la natura privilegia certi insiemi di leggi rispetto ad altri.

Forse non troveremo mai alcuna prova diretta dell'esistenza di altri universi, e di sicuro sarà impossibile visitarli. Ma forse è necessario saperne di più, per capire davvero qual è il nostro posto nel multiverso. ■

C'È QUALCUNO LÀ FUORI?

Il vuoto primordiale potrebbe aver prodotto molti altri insiemi di leggi fisiche. Nella maggior parte dei casi non sappiamo se gli universi sono adatti alla vita. Ma ricerche future potrebbero dare una risposta.

IL DOMINIO DELL'ELIO

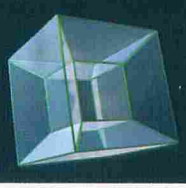
Alcune versioni di universo senza forza debole sono praticamente prive di idrogeno generato dal big bang. Le stelle sono composte in gran parte da elio.

MULTIQUARK

Nel nostro universo le particelle sono formate da due o tre quark, in altri potrebbero essere formate da quattro, cinque o più quark.

ALTRE DIMENSIONI

Secondo la teoria delle stringhe, lo spazio ha dieci dimensioni. Nel nostro universo tutte, tranne tre, sono invisibili. Che cosa accadrebbe se fossero visibili quattro o più dimensioni?



Ipercubo 4-D

➥ Letture

A Designer Universe? Weinberg S., Conferenza all'American Association for the Advancement of Science, Washington, aprile 1999. Disponibile su **www.physlink.com/Education/essay_weinberg.cfm.**

Universi paralleli. Tegmark M., in «Le Scienze» n. 418, giugno 2003.

A Universe Without Weak Interactions. Harnik R., Kribs G.D. e Perez G., in «Physical Review D», Vol. 74, n. 3, pp. 035006-1–035006-15, agosto 2006.

Quark Masses: An Environmental Impact Statement. Jaffe R.L., Jenkins A. e Kimchi I., in «Physical Review D», Vol. 79, n. 6, pp. 065014-1–065014-33, marzo 2009.

Jean-François Podevin

di John D. Young
e Jan Martel

ASCESA E CADUTA dei nanobatteri

Qualche anno fa i «nanobatteri» furono salutati come i più piccoli organismi viventi. Oggi sappiamo che sono qualcosa di diverso, ma quasi altrettanto insolito. E che hanno effetti sulla nostra salute, ma non quelli ipotizzati all'inizio

IN SINTESI

- La scoperta di quelli che furono ritenuti batteri di dimensioni nanometriche provocò a suo tempo entusiasmo e stupore, perché apparivano troppo piccoli per essere vivi.
- L'attribuzione di proprietà e caratteristiche sempre nuove a quei minuscoli agenti patogeni è andata assai più in fretta della convalida scientifica dei risultati, finché vari scienziati, tra cui gli autori di questo articolo, hanno dimostrato che in realtà si trattava di forme di cristallizzazione aberrante di minerali e molecole organiche.
- Le interazioni tra minerali e proteine che danno origine alle nanoparticelle rivelano però i dettagli di alcuni processi che possono effettivamente proteggere, o minacciare, la salute degli esseri umani.

Se trovassimo le prove della presenza di vita su Marte, anche nel più remoto passato, sapremmo finalmente che gli esseri che vivono sulla Terra non sono soli nell'universo. La portata di una simile scoperta è dimostrata dall'apparizione del presidente Clinton in persona a una conferenza stampa tenuta nel 1996 per annunciare che era stata trovata una prova in quel senso: un meteorite staccatosi dalla superficie del Pianeta Rosso circa 15 milioni di anni fa sembrava contenere i resti fossili di minuscole forme viventi, dimostrando che un tempo su Marte esisteva la vita.

Alcune ricerche geologiche, secondo cui il suolo della Terra primordiale sarebbe stato plasmato da creature analoghe, più piccole di ogni altro essere vivente mai incontrato o immaginato, fecero pensare che quegli esemplari fossero reliquie dei primordi stessi della vita. Ma la notizia più clamorosa arrivò subito dopo: c'erano le prove che queste antichissime entità, battezzate nanobatteri, erano ancora tra noi. Anzi, erano dentro i nostri stessi corpi, dove forse erano la causa di una serie di malattie.

Quando queste scoperte furono annunciate per la prima volta, molti scienziati le accolsero con scetticismo; vari segni indicavano che l'entusiasmo degli scopritori stava correndo più in fretta della convalida scientifica dei dati. C'erano ancora molti interrogativi in sospeso su che cosa fossero, e che cosa non fossero, i nanobatteri. Oltre di un decennio più tardi, la comprensione di queste microscopiche particelle e del loro comportamento così bizzarramente simile a quello degli esseri viventi ha fatto notevoli progressi. A quanto pare i nanobatteri non sono nuovi, esotici organismi patogeni. In realtà non sono nemmeno vivi. Ma non per questo sono meno importanti per la salute umana, e potrebbero anche aver avuto un ruolo nelle fasi iniziali dell'evoluzione della vita: solo che non è quello ipotizzato all'inizio.

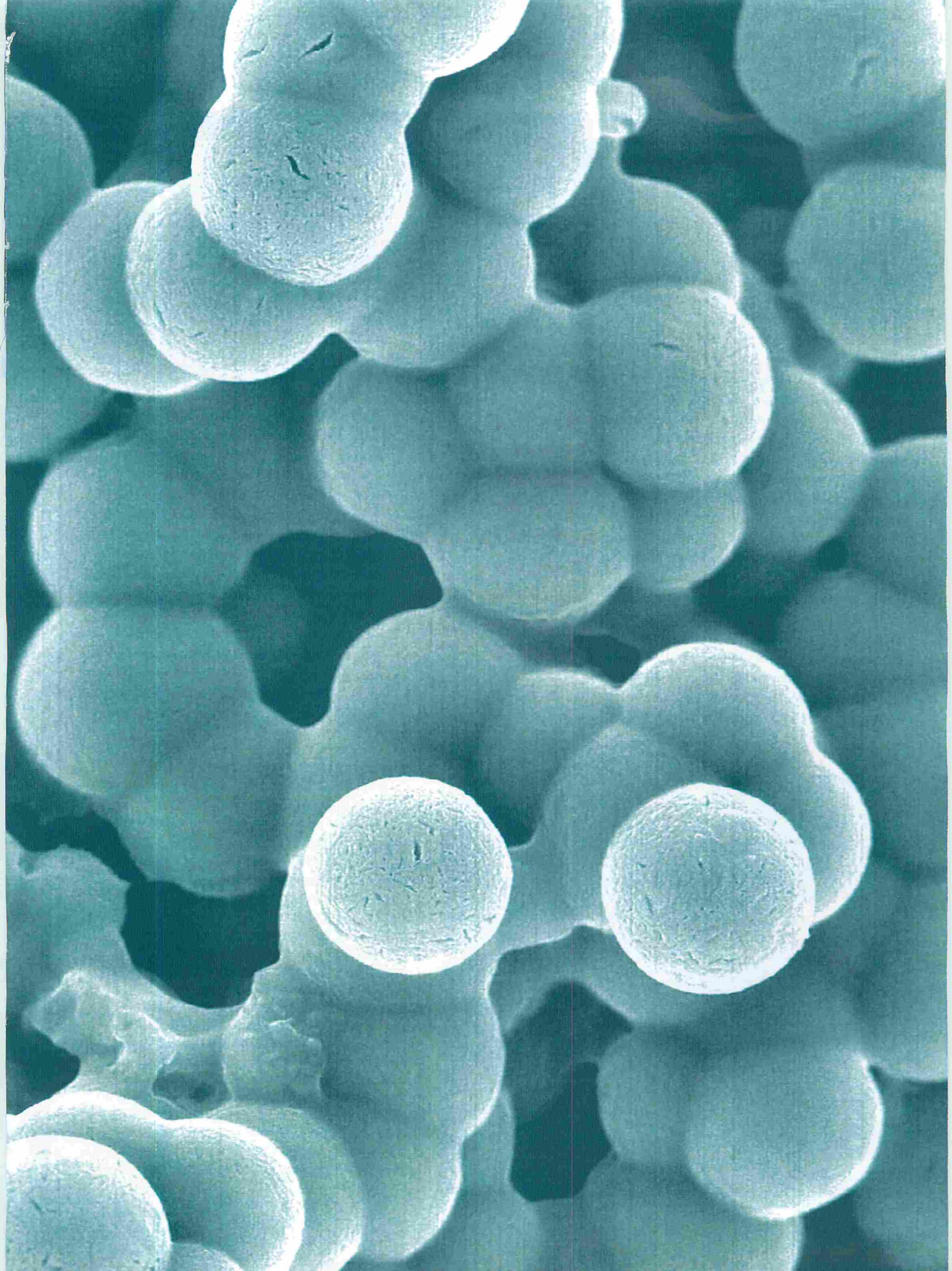
La saga dei nanobatteri è quindi un'efficace lezione su come funziona la scienza e in che modo può sbagliare uno scienziato. E, come ogni buona storia, il suo vero finale è ancora più interessante di quello inventato. Ora possiamo usare ciò che è stato scoperto su queste entità per far avanzare le ricerche sulla salute umana e i nanomateriali.

Troppo piccoli per la vita?

Nel 1993 Robert L. Folk, geologo dell'Università del Texas ad Austin, stava studiando campioni di roccia raccolti in Italia, nelle sorgenti termali di Viterbo, quando parlò per la prima volta di quelli che chiamò «nanobatteri». Esaminando i campioni al microscopio elettronico, Folk aveva trovato piccole sfere che somigliavano ai resti fossilizzati di batteri. Come i batteri, quelle «goccioline» sembra-

LE NANOPARTICELLE FORMATE DAL LEGAME DI ALCUNE PROTEINE con ioni inorganici in via di cristallizzazione, viste al microscopio elettronico, somigliano a cellule batteriche in gemmazione.

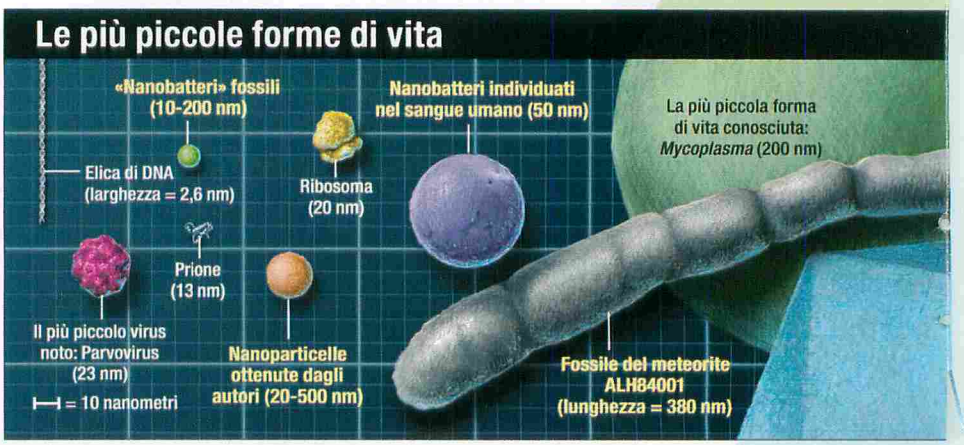
Cortesia John D. Young e Jan Martel



vano avere una parete cellulare, con proiezioni filamentose sulla superficie. Le sferette di Folk, però, erano davvero piccole: molto più piccole di tutti i batteri conosciuti.

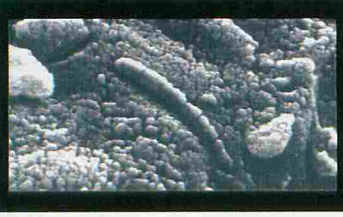
In genere i batteri misurano qualche micrometro – e un micrometro è la milionesima parte di un metro, circa un centesimo dello spessore di un capello. I fossili osservati da Folk erano da cinque a 100 volte più piccoli: dai 10 ai 200 nanometri (un nanometro è un millesimo di micrometro). Folk aveva ricavato quei nano-oggetti dai resti di antichi depositi geologici, alcuni dei quali risalivano al Paleozoico e al Mesozoico, ritenuti precedenti alla nascita della vita sulla Terra. Propose perciò che i cicli fra materia organica e inorganica realizzati da questi «organismi» potessero aver formato gli stessi strati geologici nei quali erano stati trovati.

I risultati di Folk furono ampiamente ignorati fino al 1996, quando David S. McKay, del Lyndon B. Johnson Space Center della NASA, pubblicò alcune prove secondo cui in un meteorite scoperto in Antartide, indicato con la sigla ALH84001, c'erano nanofossili analoghi. Formato, si pensa, a partire da materiali fusi circa 4,5 miliardi di anni fa, questo pezzo di roccia è uno dei più antichi di tutto il sistema solare. Oltre a trovare minuscole sfere di carbonati simili ai nanobatteri di Folk, McKay e colleghi hanno rinvenuto nel campione prelevato dal meteorite anche particelle di magnetite e solfuro di ferro, insieme a idrocarburi policiclici aromatici – tutte materie prime coinvolte nei processi biologici. La loro scoperta fu salutata come la prima prova della possibilità che in passato fosse esistita la vita su Marte e in altre parti del sistema solare.



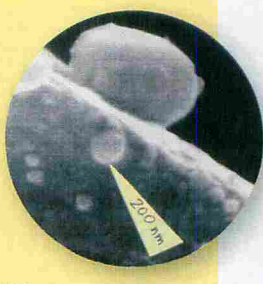
Gli scettici notarono che tutto ciò che si diceva di quelle minuscole creature si basava soltanto sul loro aspetto esteriore

Il resoconto di McKay e i precedenti studi di Folk furono accolti con grande entusiasmo dai mezzi di informazione, ma con grandi dubbi e controversie all'interno della comunità scientifica. I critici notarono che tutto ciò che si sosteneva su quelle minuscole creature si basava, fino a quel punto, esclusivamente sul loro aspetto esteriore, e che non c'era alcuna prova che fossero mai state vive. Le nanoentità scatenarono inoltre accesi dibattiti sulle dimensioni minime necessarie per sostenere la vita in un organismo unicellulare. Dato che la doppia elica del DNA ha un diametro di oltre due nanometri, e che i ribosomi che fabbricano le proteine delle cel-



IL METEORITE ALLAN HILLS 84001 (*sopra*), scoperto in Antartide, contiene sferette e formazioni allungate di dimensioni nanometriche (*a sinistra*) fatte di carbonati, insieme a sostanze che fanno da materia prima ai processi vitali.

Primi entusiasmi



La scoperta di strutture carbonatiche interpretate come resti fossili di batteri di dimensioni nanometriche è stata riferita per la prima volta nel 1993. Le sferette identificate da Robert L. Folk in campioni di rocce provenienti dall'Italia (*a destra*) avevano diametro tra 10 e 200 nanometri. La scoperta non destò particolare attenzione fino al 1996, quando alcuni scienziati della NASA annunciarono di aver trovato fossili simili in un meteorite di origine marziana (*a sinistra*). La possibilità che una roccia di oltre 4 miliardi di anni contenesse la prova dell'esistenza della vita fuori dalla Terra suscitò entusiasmo in tutto il mondo. La potenziale importanza della scoperta spinse Bill Clinton a commentare: «La roccia 84001 ci parla oggi attraverso tutti quei miliardi di anni e tutti quei milioni di chilometri. Ci parla di possibilità di vita. Se questa ipotesi sarà confermata, sarà senza dubbio uno dei progressi più sbalorditivi che la scienza abbia mai compiuto verso la comprensione del nostro universo».

Travis Heying AFP/Newscom (*meteorite*); cortesia NASA (*immagine al microscopio elettronico a scansione*); cortesia Robert L. Folk, Università del Texas ad Austin (*cristallo di calcite*)

IL SENSO DELLE DIMENSIONI: l'esistenza di nanorganismi, proposta da vari gruppi di ricerca negli anni novanta, era particolarmente provocatoria perché creature così piccole sembravano improbabili, se non impossibili. I «nanobatteri» fossili e quelli «vivi» individuati in colture cellulari avevano diametro compreso tra 10 e 500 nanometri (nm). Gran parte di essi sembravano troppo piccoli per contenere e far funzionare il macchinario cellulare necessario per la vita, come i ribosomi che producono le proteine, che hanno un diametro di 20 nm; ed erano più piccoli della più piccola forma di vita conosciuta, il batterio *Mycoplasma*.

lule hanno un diametro di circa 20 nanometri, fu messa in discussione la possibilità stessa che una «cellula» di dimensioni nanometriche potesse contenere il macchinario necessario alla vita.

Nel 1998, mentre ancora infuriavano le polemiche, due scienziati dell'Università finlandese di Kuopio, E. Olavi Kajander e Neva Çiftçioglu, aprirono un dibattito ancora più vasto, pubblicando le prime prove che i nanobatteri erano entità viventi. I ricercatori avevano esaminato certi piccoli «contaminanti» delle loro colture cellulari che si erano rivelati resistenti a tutti gli sforzi per eliminarli. Non solo facevano ammalare le cellule in coltura, ma sembravano indifferenti alle normali tecniche di sterilizzazione e ai trattamenti antibiotici. Osservando quei corpuscoli rotondi al microscopio elettronico, Kajander e Çiftçioglu scoprirono che le loro dimensioni andavano dai 50 ai 500 nanometri, ed erano così simili ai nanobatteri di Folk che non potevano che essere la stessa cosa.

Una minaccia per la salute

Esaminandoli più accuratamente, i ricercatori finlandesi vi trovarono acidi nucleici e proteine: segni di vita. Basandosi sulle specifiche sequenze del DNA trovato nei campioni, assegnarono l'entità che avevano scoperto, cui diedero il nome di *Nanobacterium sanguineum*, a un sottogruppo batterico comprendente anche *Brucella* e *Bartonella*, di cui è stata dimostrata la capacità di provocare malattie. Il gruppo finlandese osservò inoltre alcune caratteristiche insolite dei nanobatteri, fra cui quella di cambiare forma in coltura: una proprietà, chiamata pleiomorfismo, piuttosto rara fra gli esseri viventi. I nanobatteri furono visti passare dalla forma di corpuscoli sferici a quella di pellicole e zolle di materiale mineralizzato. Il minerale in questione risultò essere idrossiapatite, un complesso cristallino di calcio e fosfato che in natura si trova un po' dappertutto, comprese le ossa dei vertebrati e le conchiglie di alcuni invertebrati. Non solo i nanobatteri erano ricoperti da pareti di idrossiapatite, ma spesso si trovavano nascosti all'interno di più ampi «castelli» o «dimore a forma di igloo», scrissero i ricercatori.

Cercando di capire l'origine dei nanobatteri, Kajander e Çiftçioglu ebbero la sorpresa di trovarli nella maggior parte dei fluidi umani e animali, tra cui sangue, saliva e urina, e ne conclusero che fossero un fattore di rischio per malattie legate ad agglomerazioni anomale di sostanze minerali, come i calcoli renali. Le condizioni anomale e morbose collegate da diversi ricercatori ai nanobatteri finirono poi per a comprendere molti tipi di cancro, aterosclerosi, malattie degenerative come artrite, sclerodermia, sclerosi multipla, neuropatie periferiche e morbo di Alzheimer, e persino infezioni virali come quella da HIV. Gli studi iniziali del duo finlandese avevano mostrato che il 14 per cento degli scandinavi adulti sani era positivo a un test sulla presenza di anticorpi contro i nanobatteri. Altri scienziati avrebbero poi sostenuto che i nanobatteri si comportavano come patogeni trasmissibili, accusandoli di essere una minaccia sanitaria globale.

Ma, a dispetto di queste spaventose implicazioni, per molti aspetti i nanobatteri erano la risposta alle più sfrenate speranze degli scienziati. La loro natura primitiva, le caratteristiche insolite e la quasi onnipresenza facevano pensare che potessero contribuire a spiegare l'origine della vita, sulla Terra come anche in altre parti del cosmo. Per di più avrebbero potuto essere un nuovo principio unificante delle malattie, visto che erano associati quasi a ogni genere di processo morboso concepibile. Molti però non erano convinti. Uno di quelli che ancora pensavano che i nanobatteri fossero troppo piccoli per essere veri, Jack Maniloff del Medical Center dell'Università di Rochester, li definì «la fusione fredda della microbiologia».

Nel 2000, una ricerca guidata da John O. Cisar

GLI AUTORI

JOHN D. YOUNG è rettore della Chang Gung University (CGU) e della Mingchi University of Technology di Taiwan, e dirige il Laboratorio sui nanomateriali della CGU. Il suo principale interesse di studio sono le interazioni tra materiali organici e inorganici, e il modo in cui esse influiscono sulla salute. Young ha diretto il Laboratorio di immunologia molecolare e biologia cellulare della Rockefeller Univestity, di cui è tuttora professore straordinario.
JAN MARTEL è dottorando presso il Graduate Institute of Biomedical Sciences della Chang Gung University. Originario di Sherbrooke, in Canada, è entrato a far parte del gruppo di Young a Taiwan per studiare gli agenti patogeni veicolati dal sangue e le potenziali basi per terapie alternative.

Cortesia Lin Shou-Sheng Taiwan Tatler (*Young*), cortesia Jan Martel (*Martel*); Jen Christiansen (*illustrazione*)

dei National Institutes of Health propose per la prima volta un modo alternativo di vedere i nanobatteri. Cisar scoprì che i fosfolipidi – componenti comuni delle membrane cellulari – si legavano a calcio e fosfato insieme, promuovendo la formazione di cristalli di calcio e fosfato (apatite). Queste masserelle cristalline somigliavano stranamente ai nanobatteri descritti dal duo finlandese. E crescevano e si replicavano in provetta proprio come se fossero state vive. Quanto alla presenza di acidi nucleici, con sequenze specifiche che fino a quel punto erano state identificate come caratteristiche dei nanobatteri, lo studio di Cisar dimostrò che le stesse sequenze potevano presentarsi nei genomi dei comuni batteri che spesso contaminano i reagenti e la vetreria di laboratorio.

La voga dei nanobatteri cominciò a perdere slancio. Poi un gruppo di ricercatori della Mayo Clinic, diretto da Virginia Miller e John C. Lieske, riferì di aver trovato in esemplari di vasi sanguigni calcificati nanoparticelle che non solo contenevano DNA e proteine ma sembravano anche sintetizzare RNA, la molecola intermedia che ogni cosa vivente usa per convertire in proteine cellulari le istruzioni del DNA. E la discussione sui nanobatteri si riaccese.

Salutati come prototipo di un nuovo meccanismo patologico, i nanobatteri erano diventati un pericolo per la salute, offrendo così spazio a iniziative commerciali per vendere metodi di individuazione e cura per quei minuscoli patogeni. La Nanobac OY, un'azienda fondata da Kajander e Çiftçioglu, divenne uno dei principali fornitori di reagenti diagnostici, anticorpi compresi, progettati per individuare i nanobatteri nei tessuti umani.

Come costruire dei nanobatteri

Nel 2007 il nostro gruppo di ricerca iniziò una serie di esperimenti per individuare con precisione la natura chimica e biologica di quelle particelle. Prima di discutere il possibile ruolo di queste nanoparticelle nelle malattie, pensavamo che si dovesse stabilire che cos'erano e che cosa non erano, e in particolare se davvero erano vive. Abbiamo quindi cercato di capire se era possibile riprodurre nanobatteri usando materiali non viventi.

Abbiamo lavorato con composti semplici del calcio, fra cui carbonato di calcio (calcare) e fosfato di calcio, che hanno una naturale tendenza ad aggregarsi in precisi schemi ripetitivi a livello molecolare per dare origine a cristalli. I cristalli sono strutture altamente ordinate, autonucleate e simili a prismi geometrici, dotate di facce piane e spigoli netti. Se la loro crescita subisce disturbi o interruzioni, però, possono assumere proprietà nettamente diverse. La nostra ipotesi era che il drogaggio di questi minerali con proteine e altri composti non minerali avrebbe disturbato il preciso ordinamento delle regolari strutture necessarie per dare il via alla crescita dei cristalli, lasciando gli aggregati minerali in forma amorfa: cioè, a livello molecolare, organizzati in maniera casuale o disordinata.

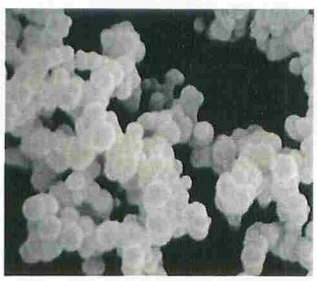
Pensavamo inoltre che quel tipo di disturbo avrebbe semplicemente bloccato la crescita degli aggregati minerali in forma cristallina. Sorprendentemente, invece, gli aggregati minerali continuavano a crescere e propagarsi sotto forma di particelle o, più esattamente, di nanoparticelle. Certamente non ci aspettavamo che composti tanto semplici potessero assumere così prontamente forme e geometrie che li fanno apparire praticamente identici ai nanobatteri, con pareti simili a quelle delle cellule e che danno l'impressione di dividersi proprio come i batteri viventi. Usando come trampolino di lancio questi semplici costrutti di nanoparticelle abbiamo poi proceduto a un tentativo di ricostruzione dell'intera biologia dei nanobatteri. Abbiamo cioè cercato di vedere se tutte le esotiche proprietà dei nanobatteri già descritte da altri scienziati potevano essere effettivamente riprodotte attraverso le interazioni di semplici molecole organiche e minerali.

È risultato presto chiaro che le nanoparticelle fatte di miscele di carbonato e fosfato di calcio sono piuttosto appiccicose. Si legano avidamente a qualsiasi molecola dotata di carica elettrica, che si tratti di ioni, piccole molecole organiche (come i carboidrati), lipidi o anche DNA e altri acidi nucleici. Il legame con i gruppi carichi stabilizza le particelle in crescita, conferendo loro integrità strutturale e forzando le particelle contenenti calcio a continuare a crescere assumendo forme complesse. Alla fine, però, a prevalere è uno tra due possibili scenari. Se è disponibile un eccesso di minerali, le particelle finiranno per cristallizzare come apatite. Se invece i composti organici disponibili eccedono i quantitativi di sostanze minerali presenti nelle vicinanze, la cristallizzazione può cessare o continuare più lentamente, e le particelle continuano a evolvere verso forme più complesse.

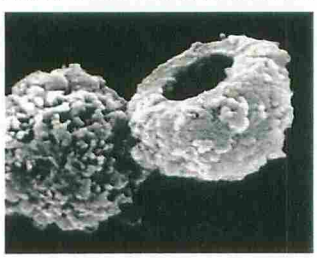
Fra i gruppi carichi che abbiamo studiato, gli effetti più interessanti e complessi si producevano quando gli agenti leganti erano proteine. Le proteine si diffondono liberamente in tutto il corpo. Alcune, come l'albumina o la fetuina-A, sono presenti in grandi quantità nel sangue, e si legano avidamente al calcio. Da sola, l'albumina rende conto della metà della capacità di legare il calcio del siero. La fetuina-A è ancora più insolita, perché si lega non solo al calcio ma anche, e for-

SEMBRANO VIVI

Nel 1998 gli scienziati finlandesi Olavi Kajander e Neva Çiftçioğlu affermarono di aver scoperto nanobatteri i cui rivestimenti esterni di fosfato di calcio creavano strutture minerali che avrebbero rispecchiato i cambiamenti di forma e attività di organismi in via di proliferazione.



Negli esperimenti del team finlandese le particelle minerali si moltiplicavano e crescevano in piastre di cellule in coltura fino a diametri compresi tra 20 e 500 nanometri.



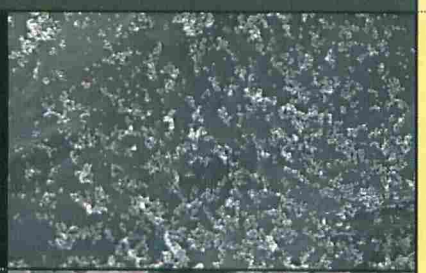
Strutture vuote di idrossiapatite osservate nelle colture furono caratterizzate come «dimore» costruite dai nanobatteri a partire dai minerali accumulati.

In questa pagina: *Nanobacteria: an Alternative Mechanism for Pathogenic Intra- and Extracellular Calcification and Stone Formation*, di E. Olavi Kajander e Neva Çiftçioğlu, in «PNAS», Vol. 95, n. 14, 7 luglio 1998 (*strutture minerali*), pagina a fronte: cortesia John D. Young e Jan Martel (*prime tre microfotografie dall'alto*); *Putative Nanobacteria Represent Physiological Remnants and Culture by-products of Normal Calcium Homeostasis*, di John D. Young e altri, in «PLoS ONE», Vol. 4, n. 2, 9 febbraio 2009 (*ultime due microfotografie*); Jen Christiansen (*illustrazione*).

Ricetta per nanobatteri

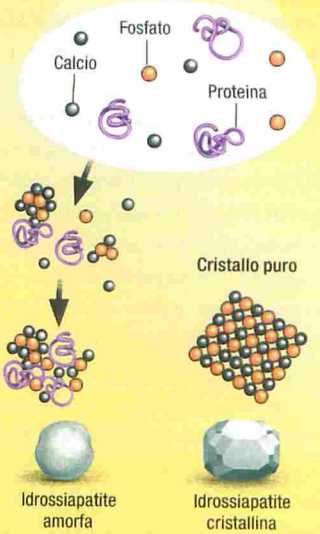
Gli esperimenti degli autori hanno rivelato che le interazioni fra minerali, proteine e altre molecole inerti tipicamente presenti nei mezzi di coltura possono produrre particelle (*nelle microfotografie*) che presentano lo stesso aspetto e comportamento dei presunti nanobatteri. Le proteine interferiscono con la normale cristallizzazione degli ioni minerali, dando luogo invece a sferule minerali che crescono e cambiano forma come potrebbero fare degli esseri viventi.

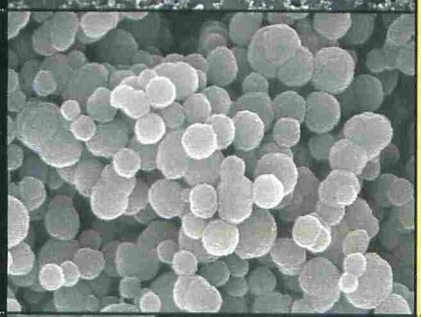
1 Normalmente le piastre usate per le colture cellulari contengono additivi ricchi di nutrienti, come il siero fetale bovino, che contengono proteine e altre molecole organiche. Gli autori hanno iniziato aggiungendo ioni inorganici, come calcio e fosfato, per accelerare la formazione delle particelle, anche se gli ioni minerali già presenti nel mezzo avrebbero potuto produrre i medesimi effetti.



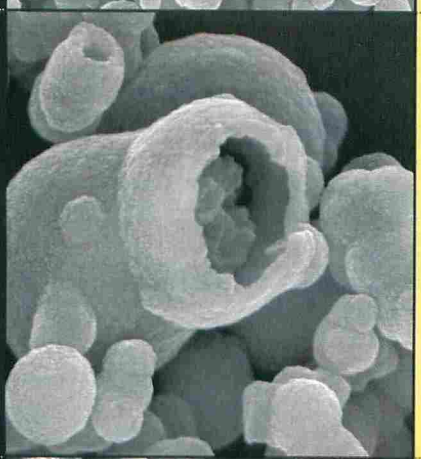
Nel giro di qualche ora, dopo l'aggiunta degli ioni al mezzo di coltura delle cellule, al microscopio elettronico a scansione sono visibili nanoparticelle di diametro compreso tra 20 e 50 nanometri.

2 Calcio e fosfato si legano insieme naturalmente a formare particelle più grosse di fosfato di calcio (idrossiapatite); anche alcune proteine, però, si legano al calcio e interferiscono con questo processo di cristallizzazione. Invece della struttura regolare e ordinata tipica dei cristalli di idrossiapatite pura (all'estrema destra), le risultanti particelle mineralo-proteiche hanno una struttura molecolare amorfa e forme visibili.



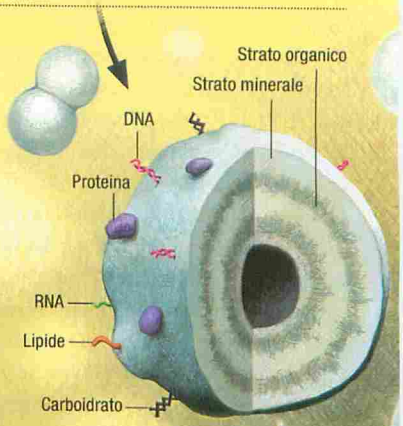


Queste particelle, ciascuna delle quali ha un diametro compreso tra 100 e 500 nanometri, possono ricordare, date le forme e dimensioni uniformi, cellule viventi. E certamente somigliano a ciò che si è ritenuto essere i nanobatteri.

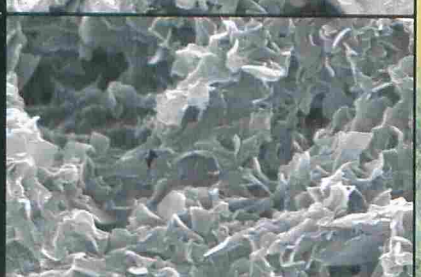


Una volta giunte a un diametro di diverse centinaia di nanometri, continuando a fondersi le particelle danno origine a forme bizzarre, che a volte prendono l'aspetto di cellule in via di divisione.

3 Man mano che continuano a crescere mediante accrescimento di ulteriori strati di materiale mineralo-proteico, le particelle possono anche fondersi in particelle più grosse, e prendere forme diverse. Oltre ai minerali e alle proteine del siero, le particelle incorporano ogni altro tipo di molecole che sia facilmente disponibile nel mezzo di coltura. Questo materiale organico fa da supporto strutturale per l'ulteriore crescita delle particelle.

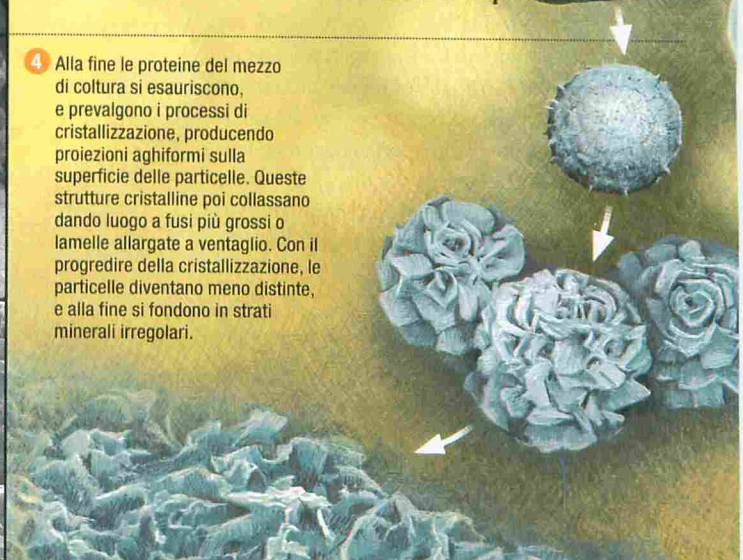


In queste particelle, larghe 600 nanometri ciascuna, prevale la cristallizzazione, producendo petali minerali a spigoli vivi.



Infine, le particelle mineralizzate collassano in pannelli solidi che finiscono per ricoprire tutto il fondo della piastra di coltura.

4 Alla fine le proteine del mezzo di coltura si esauriscono, e prevalgono i processi di cristallizzazione, producendo proiezioni aghiformi sulla superficie delle particelle. Queste strutture cristalline poi collassano dando luogo a fusi più grossi o lamelle allargate a ventaglio. Con il progredire della cristallizzazione, le particelle diventano meno distinte, e alla fine si fondono in strati minerali irregolari.



temente, al fosfato di calcio sotto forma di apatite nascente.

È noto che la capacità di queste proteine di legarsi ai cristalli nascenti di apatite blocca l'ulteriore cristallizzazione, proteggendo contro la mineralizzazione indesiderata dei tessuti corporei. Se si pensa che tutti i fluidi corporei, sangue compreso, contengono calcio e fosfato in concentrazioni tali risultare sovrassaturi ma non vanno incontro a calcificazione spontanea, è chiaro quanto sia importante la protezione offerta da queste proteine. Senza di esse i vasi sanguigni si indurirebbero, e spunterebbero formazioni ossee un po' ovunque.

Mentre noi seguivamo questa linea di indagine, uno studio diretto da Didier Raoult, della Scuola di medicina di Marsiglia, raccoglieva importanti prove che la principale proteina individuata nei nanobatteri era la fetuina-A. I nostri esperimenti hanno indicato che la fetuina-A è solo una delle diverse proteine incorporate nelle nanoparticelle a base di calcio. Fra le altre vi sono albumina, le proteine che legano i lipidi dette apolipoproteine, proteine del complemento e molte altre comuni proteine che sono normalmente abbondanti nel sangue, e sono note per legare calcio e apatite. I nostri test, in sostanza, indicano che le nanoparticelle in crescita si impadroniscono di qualsiasi proteina disponibile nell'ambiente che hanno intorno in grado di legarsi a calcio e apatite.

Abbiamo anche dimostrato che gli anticorpi venduti da Nanobac come strumento diagnostico per individuare i nanobatteri riconoscono in realtà fetuina-A e albumina. Quindi i primi studi di ricerca dei nanobatteri nelle colture di tessuti umani condotti con gli anticorpi di Nanobac hanno individuato solo comuni proteine del sangue. Più preoccupante è il fatto che gli anticorpi che si presumevano in grado di individuare le esotiche proteine dei nanobatteri nel sangue umano erano specifici per le versioni bovine di quelle proteine; il che si spiega, perché in genere i laboratori inseriscono siero fetale bovino nei mezzi di coltura. Nel caso delle colture dei nanobatteri, però, questo siero è anche una delle principali fonti delle proteine integrate nelle particelle, e finisce per lasciare un'impronta bovina sulle nanoparticelle. Di conseguenza i numerosi studi che sostengono di aver individuato le proteine dei nanobatteri con questi anticorpi vanno considerati affetti da un vizio sistematico.

La vera storia

Anche se è ormai dimostrato in modo conclusivo che i nanobatteri sono particelle non viventi cristallizzate a partire da comuni sostanze minerali e altri materiali presenti nei loro dintorni, potrebbero comunque avere un ruolo importante per la nostra salute. Noi pensiamo che si generino attraverso un processo naturale che normalmente protegge il corpo contro la cristallizzazione indesiderata, ma che in determinate condizioni può promuovere la formazione di nanoparticelle.

Molti minerali si aggregano spontaneamente, e possono persino mostrare una tendenza a cristallizzare. Il calcio, per esempio, si lega a carbonato e fosfato formando cristalli di calcite e apatite. Ogni molecola con un'alta affinità per i cristalli di calcio o di apatite nascente, che si tratti di proteine, lipidi o altre sostanze che abbiano un'estremità dotata di carica elettrica, può essere considerata un inibitore della calcificazione, nel senso che interferisce direttamente con il processo di cristallizzazione legandosi ai minerali. All'interno del corpo, il lega-

Pur non essendo vive, queste minuscole entità possono essere utili alla vita e potrebbero avere un ruolo importante per la salute umana

Gestione dei minerali

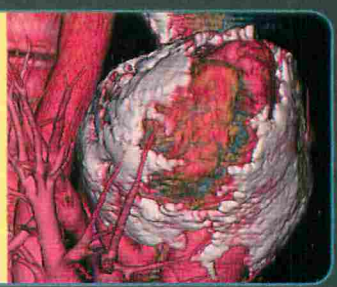
Gli aggregati di particelle simili a nanobatteri possono presentare somiglianze con i depositi calcificati che si osservano nei tessuti umani, perché nascono entrambi dalle naturali interazioni tra minerali e proteine da cui dipendono la mineralizzazione di ossa e denti e l'inibizione delle calcificazioni indesiderate. La calcificazione anomala di un tessuto è spesso un sintomo, più che una causa, di malattia; se avanzano oltre un certo livello, però, le calcificazioni anomale possono provocare malattie come i calcoli renali.

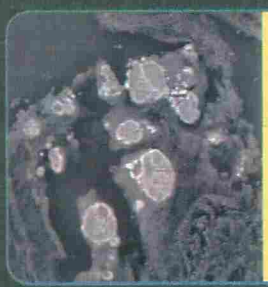
MINERALIZZAZIONE NORMALE

La formazione dell'osso comporta la fusione di sferette di idrossiapatite del diametro di 10 nanometri in fili di granuli minerali intrecciati a fibre di collageno. Questi elementi costruttivi di idrossiapatite si uniscono gradualmente in fibre, e poi in pannelli di fibre mineralizzate che circondano l'impalcatura di collagene, conferendo all'osso la capacità di resistere alla tensione.

CUORI INDURITI

I depositi calcificati nel cuore e nelle arterie si formano con gli stessi meccanismi di mineralizzazione dell'osso, e sono un segno di malattia cardiovascolare. Si ritiene che le calcificazioni siano una risposta alle lesioni dei tessuti; possono arrestarsi o regredire se si cura la malattia sottostante.

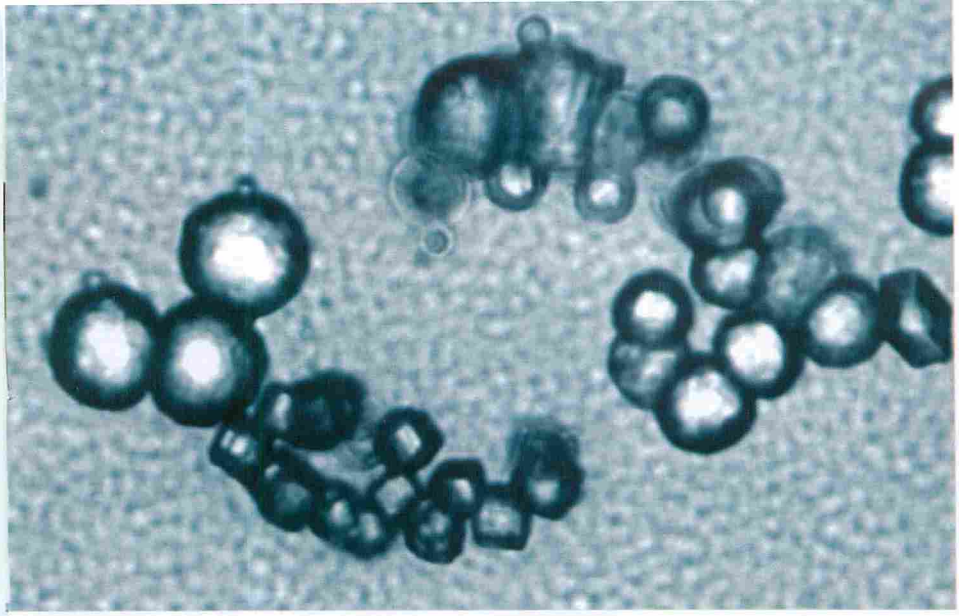




CAUSA O EFFETTO

Si riscontrano calcificazioni anche in altre parti del corpo, come in questo campione di tessuto non maligno prelevato da una tiroide cancerosa umana. Le strutture di calcio e fosfato potrebbero riflettere un'insufficienza dei normali processi di eliminazione dei minerali nel tessuto malato. Un'altra possibilità è che la mineralizzazione sia originata da «semi» di cristallizzazione provenienti dall'esterno, come certi inquinanti; una teoria che deve ancora essere sottoposta a verifica.

Medical Body Scans/Photo Researchers, Inc. (*ossa*); Olivier Voisin/Photo Researchers, Inc. (*cuore*); cortesia Antonietta M. Gatti, Università di Modena e Reggio Emilia, e Stefano Montanari, Nanodiagnostics Srl



Si ringraziano John D. Young e Jan Martel

me con il calcio e i cristalli nascenti da parte delle proteine fa sì che questi complessi siano oggetto di processi di immagazzinamento o eliminazione.

L'eliminazione costante dei minerali serve a prevenire depositi di calcio anomali, possibile causa di malattie. Per legare i minerali, tuttavia, sono necessari sempre nuovi quantitativi delle proteine, e se accade che i minerali siano in eccesso rispetto alle proteine inibitorie il meccanismo di inibizione finisce per essere sopraffatto. Una volta saturati i siti di legame delle proteine, i minerali legati alle proteine possono invece diventare i semi da cui prendono il via ulteriori cristallizzazioni, generando un processo accelerato che può dar luogo non solo al fenomeno dei nanobatteri ma anche a calcificazioni anomale, come formazione di calcoli e calcificazione delle arterie. Come potenziale agente patogeno, queste nanoparticelle vanno viste, in primo luogo, come aspetti del più vasto ciclo della normale regolazione del calcio. Il meccanismo di formazione di complessi di minerali e proteine qui descritto è certamente coinvolto anche nella normale formazione dell'osso. Più che essere la causa dei disturbi in cui sono presenti calcificazioni anomale, dunque, i depositi calcificati potrebbero essere il risultato di altre anomalie metaboliche che agiscono sull'inibizione e l'eliminazione dei minerali.

È ancora presto per capire in che modo queste scoperte si tradurranno in approcci terapeutici. Il concetto di inibizione/seme di cristallizzazione, tuttavia, spiega probabilmente l'intero corpus delle osservazioni riferite in passato sui nanobatteri. Quando aumentano di dimensioni fondendosi l'una con l'altra, per esempio, queste sferette di minerali e proteine evolvono e si uniscono in forme allungate fino a formare pellicole. Questi mutamenti di forma possono ora essere spiegati da semplici interazioni fra minerali e proteine, da cui escono vincitori i processi di mineralizzazione. Secondo la nostra ipotesi, le particelle simili a nanobatteri si producono nelle piastre di coltura perché in esse mancano i meccanismi dinamici di eliminazione che funzionano nel corpo. Ora i nanobatteri descritti nelle colture possono essere considerati semplici sottoprodotti del normale metabolismo del calcio in condizioni statiche.

Tutte le particelle nanobatteriche che siamo riusciti ad assemblare partendo dal sangue e da altri fluidi corporei hanno dimostrato di avere una composizione chimica semplice e prevedibile, che riflette la natura degli elementi costitutivi disponibili nel mezzo circostante. Modificando la natura del mezzo possiamo alterare facilmente la costituzione delle nanoparticelle, e oggi siamo in grado di produrre artificialmente particelle simili a nanobatteri di qualsiasi composizione predefinita. Sfruttando questo procedimento siamo riusciti a produrre un'intera famiglia di complessi ionici biologicamente collegati e strutturalmente simili, che abbiamo chiamato *bion*. I bion possono avere forme e dimensioni di ogni genere, prendere forme simili a quelle degli organismi e apparire vivi. Dopo aver dimostrato la natura non vivente delle nanoparticelle, promettono di farci capire meglio in che modo i materiali da costruzione fatti di minuscoli elementi costitutivi di dimensioni nanometriche sono fabbricati e messi insieme in natura.

Capire come si generano in natura queste piccole particelle composte di minerali uniti in complessi con molecole organiche potrebbe far luce sull'origine della vita sulla Terra. È concepibile che minerali complessati con piccole molecole organiche abbiano costituito, mediante un processo di autoreplicazione simile a quello attraverso cui crescono le nanoparticelle, i primi blocchi da costruzione della vita, trovando poi un modo per autoperpetuarsi. Questi complessi mineral-organici avrebbero potuto servire a proteggere e tener separati in compartimenti distinti i primissimi processi legati alla vita, e potrebbero essere diventati essi stessi i centri catalitici necessari per dare il via ai processi vitali veri e propri. Attualmente stiamo esplorando queste affascinante possibilità.

Il fatto che una gamma così vasta dei processi di calcificazione osservati in natura e in tante malattie croniche possa oggi essere compresa nel contesto delle interazioni molecolari tra proteine, lipidi, minerali e altri fattori discreti apre prospettive entusiasmanti. Contrariamente alle passate ipotesi sui nanobatteri, l'attuale modo di considerarli particelle ben definite, fatte di minerali e sostanze organiche e prodotte da processi naturali, consentirà ulteriori progressi nella ricerca del modo cui queste minuscole entità, pur senza essere vive, possono essere utili alla vita. ■

I CRISTALLI PURI DI CARBONATO DI CALCIO possono assumere forme variabili. Capire come si formino in natura le nanoparticelle, e come possano influenzare la salute degli esseri umani, servirà agli scienziati anche a controllare le proprietà delle nanoparticelle fabbricate dall'uomo.

➥ Letture

Nanobacteria: An Alternative Mechanism for Pathogenic Intra- and Extracellular Calcification and Stone Formation. Kajander E.O. e Çiftçioğlu N., in «Proceedings of the National Academy of Sciences», Vol. 95, n. 14, pp. 8274-8279, 7 luglio 1998.

Purported Nanobacteria in Human Blood as Calcium Carbonate Nanoparticles. Martel J. e Young J.D. in «Proceedings of the National Academy of Sciences», Vol. 105, n. 14, pp. 5549-5554, 8 aprile 2008.

Putative Nanobacteria Represent Physiological Remnants and Culture By-products of Normal Calcium Homeostasis. Young J.D. e altri, in «PLoS ONE», Vol. 4, n. 2, p. e4417, 9 febbraio 2009.

Characterization of Granulations of Calcium and Apatite in Serum as Pleomorphic Mineralo-Protein Complexes and as Precursors of Putative Nanobacteria. Young J.D. e altri, in «PLoS ONE», Vol. 4, n. 5, p. e5421, 1° maggio 2009.

GUERRA NUCLEARE LOCALE,

Ci si preoccupa dei rapporti tra Stati Uniti e Russia, ma una guerra nucleare regionale tra India e Pakistan potrebbe offuscare il Sole e affamare buona parte dell'umanità

di Alan Robock e Owen Brian Toon

Richard Lee

IN SINTESI

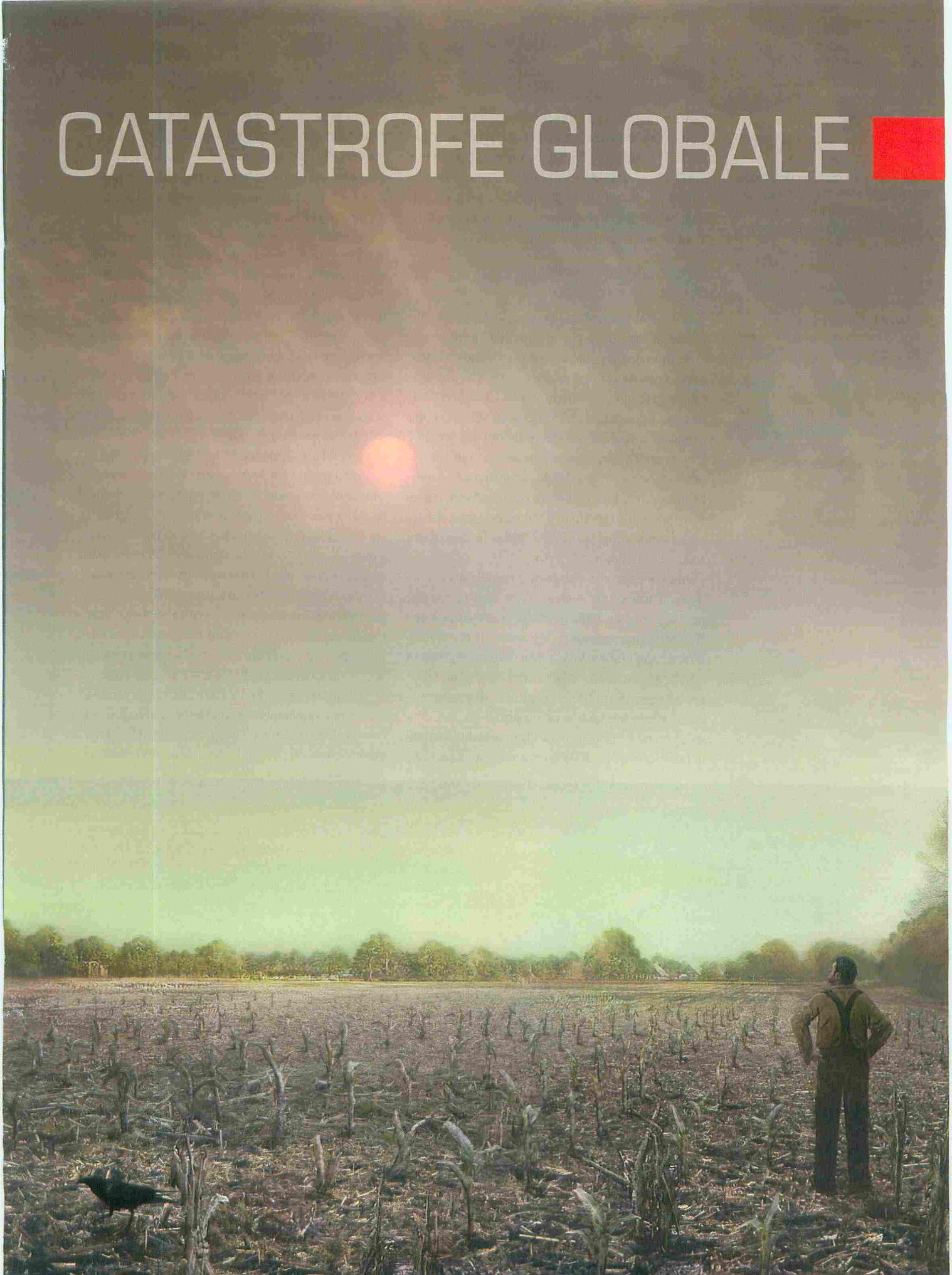
- Le bombe nucleari sganciate su città e aree industriali in un conflitto tra India e Pakistan provocherebbero immani incendi che immetterebbero enormi quantità di fumo nell'alta atmosfera.
- Le particelle rimarrebbero in atmosfera per anni, bloccando la luce del Sole e rendendo la superficie della Terra fredda, buia e arida. Ne seguirebbe il collasso dell'agricoltura e un gran numero di decessi per fame. Quindi un raffreddamento globale potrebbe essere provocato anche da una guerra regionale, e non solo da un conflitto tra Stati Uniti e Russia.
- Gli scenari di un possibile raffreddamento sono basati su simulazioni al computer. Ma l'osservazione di eruzioni vulcaniche, incendi boschivi e altri fenomeni confermano che i modelli sono corretti.

Venticinque anni fa gruppi di scienziati provenienti da nazioni diverse avevano dimostrato che una guerra nucleare tra Stati Uniti e Unione Sovietica poteva causare un «inverno nucleare». Il fumo degli enormi incendi provocati dalle bombe sganciate su città e aree industriali avrebbe avvolto il pianeta, e avrebbe assorbito così tanta luce del Sole da far diventare la superficie della Terra fredda, buia e arida. Questa oscurità avrebbe ucciso le piante in ogni parte del mondo, annientando le nostre fonti alimentari. Le temperature avrebbero raggiunto valori invernali in estate. Il dibattito internazionale su questa previsione, alimentato soprattutto dall'astronomo Carl Sagan, aveva spinto i leader delle due superpotenze a confrontarsi con la possibilità che la loro corsa agli armamenti avrebbe messo in pericolo l'intera specie umana, non solo gli Stati Uniti e l'Unione Sovietica. Nazioni grandi e piccole chiedevano il disarmo.

L'inverno nucleare era diventato un fattore importante per fermare la corsa agli armamenti. In seguito, nel 2000, parlando di quel periodo, l'ex capo di Stato dell'Unione Sovietica Michail Gorbačëv ha osservato: «I modelli elaborati dagli scienziati russi e statunitensi mostravano che una guerra nucleare avrebbe prodotto un inverno nucleare estremamente distruttivo per tutta la vita sulla Terra; questa conoscenza è stata un grande stimolo ad agire, per noi persone con un senso dell'onore e della moralità».

Perché ne parliamo oggi, se la guerra fredda è finita? Perché altri paesi si sono dotate di armi atomiche, e anche guerre nucleari a scala regionale potrebbero portare a una catastrofe globale simile. Per esempio, nuove analisi rivelano che un

CATASTROFE GLOBALE



PERDITA DI VITE UMANE

Una guerra nucleare totale tra India e Pakistan potrebbe sterminare le popolazioni locali e provocare ulteriori vittime in tutto il pianeta.

20 MILIONI

di persone potrebbero morire nella regione per effetto diretto dei bombardamenti e a causa degli incendi e delle radiazioni successivi ai bombardamenti.

UN MILIARDO

di persone in tutto il mondo, che oggi ha quantità di cibo appena sufficienti, potrebbe morire di fame per il susseguente collasso dell'agricoltura.

conflitto tra India e Pakistan in cui fossero sganciate 100 bombe nucleari su città e aree industriali – cioè lo 0,4 per cento delle oltre 25.000 testate atomiche del mondo – produrrebbe tanto fumo da paralizzare l'agricoltura globale. Una guerra regionale provocherebbe enormi perdite umane anche ai paesi più lontani dal conflitto.

Una guerra regionale minaccia il mondo

Grazie ai computer e ai modelli climatici, abbiamo mostrato sia che le idee degli anni ottanta erano corrette sia che gli effetti durerebbero per almeno dieci anni, molto più a lungo di quanto ipotizzato in precedenza. E con calcoli che esaminano periodi di dieci anni, possibili solo con i computer attuali, e che comprendono gli oceani e l'intera atmosfera, altra cosa possibile solo adesso, abbiamo scoperto che il Sole riscalderebbe e farebbe innalzare il fumo prodotto da una guerra regionale fino agli strati alti dell'atmosfera, dove rimarrebbe sospeso per anni, bloccando la radiazione solare e raffreddando la Terra.

India e Pakistan, che hanno complessivamente più di 100 testate nucleari, forse sono i paesi che più degli altri potrebbero essere coinvolti un conflitto nucleare regionale. Ma anche altre nazioni, oltre a Stati Uniti e Russia (che hanno migliaia di bombe atomiche) sono ben attrezzate: Cina, Francia e Regno Unito hanno centinaia di testate nucleari ciascuno; Israele ne ha più di 80, la Corea del Nord ne ha una decina e l'Iran potrebbe tentare di fabbricarne. Nel 2004 questa situazione ha spinto uno di noi (Toon) e Rich Turco, dell'Università della California a Los Angeles, entrambi veterani degli studi degli anni ottanta, a valutare gli effetti ambientali globali di una guerra nucleare regionale e a prendere come caso di studio uno scontro tra India e Pakistan.

Secondo le stime più recenti di David Albright, dell'Institute for Science and International Security, e Robert S. Norris, del Natural Resources Defense Council, l'India ha 50-60 testate già assemblate (e plutonio a sufficienza per 100) e il Pakistan ne ha 60. Entrambi i paesi continuano a incrementare i loro arsenali. I test nucleari di India e Pakistan suggeriscono che la potenza delle loro testate sarebbe simile a quella della bomba sganciata dagli Stati Uniti su Hiroshima: 15 chilotoni (equivalenti a 15.000 tonnellate di tritolo).

Toon e Turco, insieme a Charles Bardeen, oggi al National Center for Atmospheric Research, hanno simulato al computer gli effetti prodotti da 50 bombe, della potenza di quella di Hiroshima, sganciate sui bersagli più densamente popolati del Pakistan e quelli di altre 50 bombe sganciate sull'India. Alcuni ritengono che le armi nucleari sarebbero usate solo con misura. Ma con il caos, la paura e le comunicazioni interrotte che si verificherebbero dopo l'inizio di una guerra nucleare, dubitiamo che i capi di Stato limiterebbero gli attacchi comportandosi con raziocinio. Questa ipotesi è particolarmente verosimile nel caso del Pakistan, che è piccolo e verrebbe rapidamente sopraffatto in un conflitto convenzionale. Peter R. Lavoy, della Naval Postgraduate School, per esempio, ha analizzato i modi in

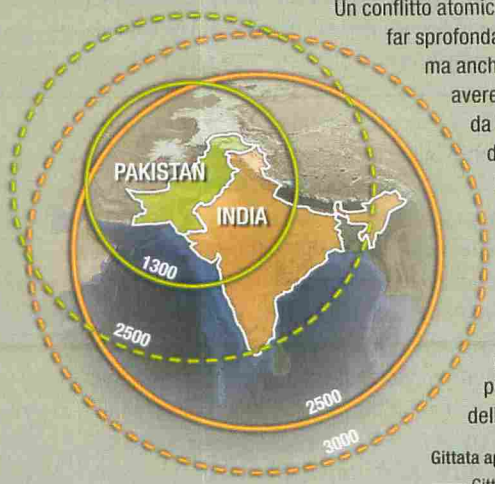
NASA/The Visible Earth (*Terra*), Jen Christiansen (*sezioni dell'atmosfera e mappe della profondità del fumo*)

Il fumo avvolge la Terra bloccando la luce del Sole

In due giorni gli incendi provocati dalle bombe farebbero arrivare il fumo nella troposfera. A quel punto il Sole riscalderebbe le particelle di fumo, portandole ancora più alto, fino alla stratosfera. Qui le precipitazioni sono assenti, e le particelle impiegherebbero circa dieci anni per depositarsi sulla superficie della Terra. Il fumo nella troposfera viene eliminato in circa una settimana.

Gli incendi provocati da 100 testate lanciate dall'India e dal Pakistan genererebbero almeno 5 teragrammi (5 milioni di tonnellate di fumo. Simulando gli eventi atmosferici di un 15 maggio immaginario, gli autori hanno osservato che dopo cinque

India contro Pakistan



Un conflitto atomico tra Stati Uniti e Russia potrebbe far sprofondare la Terra in un inverno nucleare, ma anche i conflitti regionali potrebbero avere lo stesso effetto. India e Pakistan, da lungo tempo in attrito, hanno più di 50 testate nucleari ciascuno; se ognuno dei due paesi sganciasse tutte le sue bombe su città e aree industriali, il fumo degli incendi arresterebbe l'agricoltura in tutto il mondo per dieci anni. I missili balistici sia indiani sia pakistani potrebbero raggiungere buona parte, se non la totalità, del territorio dell'avversario.

Gittata approssimativa dei missili (in chilometri)
— Gittata operativa — — In via di sviluppo

Sono nove le nazioni che hanno armi nucleari. Ciascuna di esse, tranne Corea del Nord e Iran, se impiegasse il suo arsenale potrebbe mettere a rischio la civiltà umana.

NAZIONE	TESTATE
Russia	15.000
Stati Uniti	9900
Francia	350
Cina	200
Regno Unito	200
Israele	80
Pakistan	60
India	50
Corea del Nord	<10
Iran	In via di sviluppo?

FONTE: Natural Resources Defense Council

Jen Christiansen (*mappa gittata missili*); NASA/The Visible Earth (*mappa base*); Catherine Wilson (*bandiere*)

cui potrebbe svilupparsi un conflitto tra India e Pakistan. Secondo Lavoy, il Pakistan potrebbe considerare l'uso immediato di tutto il suo arsenale nucleare prima che l'India travolga le basi militari pakistane servendosi di forze tradizionali.

Ovviamente speriamo che in qualsiasi guerra futura il numero di bersagli nucleari sia zero, ma politici ed elettori devono sapere che cosa può accadere. Toon e Turco hanno calcolato che nei due paesi potrebbero morire più di 20 milioni di persone a causa delle esplosioni, degli incendi e della radioattività. Un massacro orribile. Ma hanno scoperto anche che verrebbe prodotta una quantità immane di fumo, considerando le megalopoli nelle due nazioni, assumendo che ogni incendio bruci la stessa area bruciata a Hiroshima e stimando la quantità di materiale infiammabile per abitante in base a vari studi. I due hanno calcolato che le 50 bombe esplose in Pakistan produrrebbero 3 teragrammi di fumo e le 50 bombe esplose in India ne produrrebbero 4 teragrammi (un teragrammo equivale a un milione di tonnellate).

Osservazioni satellitari di incendi boschivi hanno mostrato che il fumo può risalire la troposfera (lo strato più basso dell'atmosfera) talvolta fino alla bassa stratosfera (lo strato immediatamente

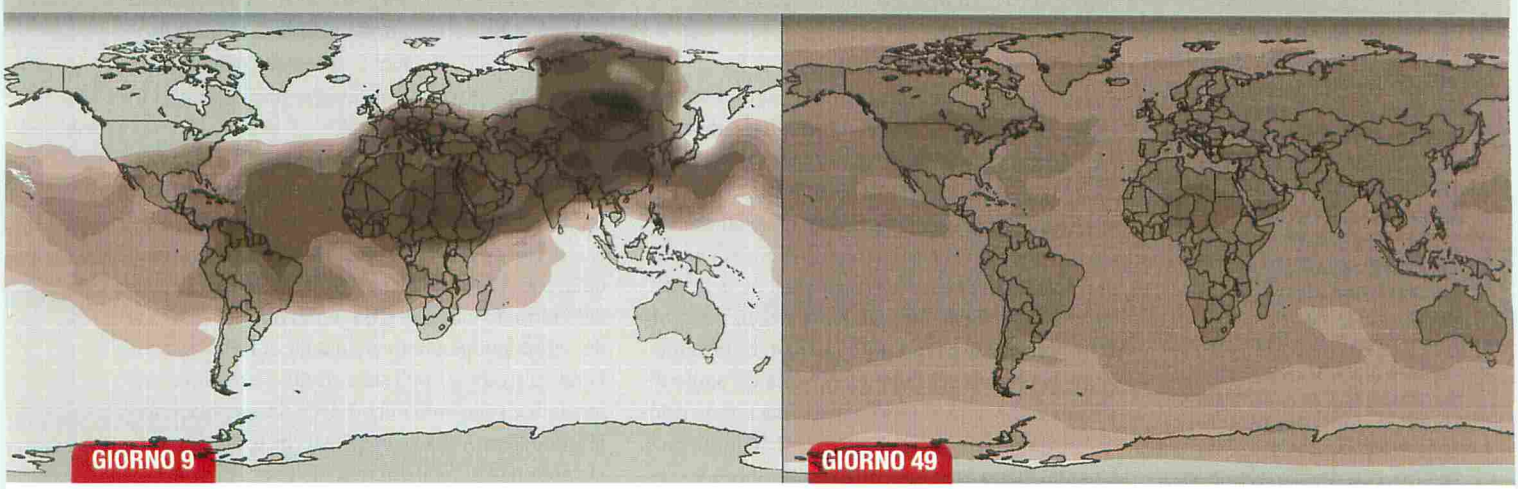
Il Pakistan potrebbe decidere di usare il suo arsenale nucleare prima di un attacco indiano alle sue basi militari

giorni la regione sarebbe ricoperta da una spessa coltre di fumo. In nove giorni la fuliggine si estenderebbe a tutto il globo. Dopo 49 giorni le particelle ricoprirebbero la Terra abitata, bloccando la luce del Sole al punto che il cielo sembrerebbe coperto ovunque.

Nulla — **Densità del fumo (profondità ottica per assorbimento)** — Alta

0,01 0,02 0,03 0,05 0,07 0,1 0,3 0,5 0,7 1,0

▲ Passa meno del 90 per cento della luce solare.



PERCHÉ CREDERCI

Alcuni pensano che la teoria dell'inverno nucleare sviluppata negli anni ottanta sia stata confutata. E potrebbero quindi dubitare del nostro nuovo studio secondo cui una guerra nucleare regionale, per esempio tra India e Pakistan, sarebbe sufficiente a devastare l'agricoltura in tutto il mondo. Ma la teoria originale dell'inverno nucleare era perfettamente valida. Le sue basi scientifiche sono state ampiamente riconosciute da ricerche della National Academy of Sciences, da studi richiesti dalle forze armate statunitensi e dall'International Council of Scientific Unions, che comprende rappresentanti di 74 accademie nazionali delle scienze e altri enti scientifici.
Il nostro studio è stato ripreso dalle riviste scientifiche più importanti. Eppure sembra che siamo i soli a studiare i rischi ambientali globali dei conflitti nucleari. Esortiamo anche altri a valutare e a ripetere i calcoli degli effetti sia di uno scontro tra superpotenze sia di guerre nucleari regionali.

superiore, che arriva a una quota di circa 50 chilometri). Toon e Turco hanno calcolato in modo approssimato anche il possibile impatto del fumo sul clima, nel caso in cui arrivi alla stratosfera. Vista la scala enorme di questi effetti, hanno chiesto aiuto a un esperto di modelli del clima.

Uno di noi (Robock) stava già lavorando con Luke Oman, attualmente al Goddard Space Flight Center dell NASA e all'epoca dottorando alla Rutgers University con una tesi sugli effetti climatici delle eruzioni vulcaniche, e Georgiy L. Stenchikov, sempre della Rutgers, autore del primo studio russo sull'inverno nucleare. I tre avevano sviluppato un modello del clima che poteva essere usato facilmente per i calcoli relativi alle esplosioni nucleari.

Facendo una stima per difetto, Robock e colleghi hanno immesso nel modello 5 teragrammi di fumo nell'alta troposfera sopra India e Pakistan in un immaginario 15 maggio. Il modello ha simulato il trasporto del fumo in tutto il mondo a opera dei venti e la precipitazione del particolato dall'atmosfera. In due settimane il fumo ha ricoperto tutti i continenti. Nero e fuligginoso, il fumo assorbe la luce del Sole, si riscalda e poi sale fino alla stratosfera, dove non piove, e quindi l'aria non è ripulita dalle precipitazioni; le particelle si depositano molto lentamente cadendo, con l'aria che oppone resistenza. Le particelle di fuliggine sono piccole, con diametro medio di 0,1 micrometri, e scendono molto lentamente. Inoltre di giorno, riscaldate dal Sole, risalgono in quota, fenomeno che ritarda la loro eliminazione. I calcoli mostrano che il fumo arriverebbero molto più in alto nella stratosfera superiore rispetto alle particelle di solfati prodotte dalle eruzioni vulcaniche. Le particelle di solfati sono trasparenti e assorbono meno luce rispetto alla fuliggine; e sono anche più grandi, mediamente 0,5 micrometri. Le particelle vulcaniche rimangono sospese in aria per circa due anni, mentre il fumo dei fuochi nucleari durerebbe una decina di anni.

Gelo letale in estate

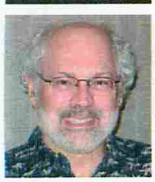
La risposta climatica al fumo è stata sorprendente. La luce del Sole si è immediatamente ridotta, raffreddando il pianeta a temperature inferiori a quelle degli ultimi 1000 anni. Il raffreddamento globale medio, di circa 1,25 gradi, è durato vari anni, e dopo dieci anni la temperatura era ancora di 0,5 gradi più bassa del normale. I modelli hanno mostrato anche una riduzione del 10 per cento delle precipitazioni in tutto il mondo. Le precipitazioni, la portata dei fiumi e l'umidità del suolo diminuivano perché il blocco della luce solare riduce l'evaporazione e indebolisce il ciclo idrologico. La siccità però era concentrata soprattutto alle latitudini più basse, perché il raffreddamento globale ritarderebbe la circolazione di Hadley nell'aria dei tropici, responsabile di una parte significativa delle precipitazioni globali. In aree critiche come le regioni monsoniche dell'Asia le precipitazioni erano ridotte anche del 40 per cento.

Il raffreddamento potrebbe non sembrare rilevante, tuttavia anche un calo lieve può provocare conseguenze gravi. Per esempio una diminuzione della temperatura e dell'insolazione abbrevierebbe le stagioni di crescita delle colture alle latitudini medie. L'analisi di grandi eruzioni vulcaniche offre ulteriori dati per capire gli effetti di un'eventualità del genere. Ogni tanto un'eruzione vulcanica provoca un raffreddamento temporaneo che dura uno o due anni. La più rilevante degli ultimi 500 anni è stata l'eruzione del Tambora, in Indonesia, avvenuta nel 1815. Questa eruzione ha offuscato il Sole, riducendo la temperatura globale di circa 0,5 gradi per un anno; il 1816 è stato chiamato «l'anno senza estate». Nel New England, anche se la temperatura estiva media era diminuita solo di pochi gradi, ogni mese si erano verificate gelate letali per i raccolti. Dopo la prima gelata gli agricoltori avevano seminato nuovamente le colture, che però erano state uccise dal gelo successivo. Il prezzo dei cereali era andato alle stelle e il prezzo del bestiame era precipitato, perché gli allevatori vendevano gli animali che non potevano nutrire. Tutto questo aveva portato a una migrazione di massa dal New England al Midwest, dove si diceva ci fossero terre fertili. In Europa il clima era così freddo e grigio da far collassare il mercato azionario. Era periodo di grandi carestie, e la diciottenne Mary Shelley aveva trovato l'ispirazione per scrivere *Frankenstein*.

Certe varietà di colture, come il grano invernale, possono sopportare temperature più basse, ma una scarsa insolazione ne inibisce la crescita. Nel nostro scenario la luce del Sole filtra attraverso la foschia fumosa, ma visto da terra il cielo sembra sempre coperto. Agronomi e agricoltori non possono sviluppare le sementi necessarie o modificare le pratiche agricole, a meno che non sappiano in anticipo che cosa aspettarsi.

Oltre a raffreddamento, inaridimento e oscurità, il riscaldamento della stratosfera causato dal fumo produrrebbe una perdita massiccia di ozono; le reazioni che creano e distruggono l'ozono dipendono dalla temperatura. Michael J. Mills, dell'Università del Colorado a Boulder, ha svolto una simulazione del clima indipendente da quella di Robock, arrivando a risultati simili sulla risalita del fumo in atmosfera e sui cambiamenti della temperatura nella stratosfera. Mills ha concluso che le temperature al suolo registrerebbero una moderata diminuzio-

GLI AUTORI



ALAN ROBOCK è professore di climatologia alla Rutgers University, dove dirige il Center for Environmental Prediction, che si occupa di diversi aspetti dei cambiamenti climatici. È membro dell'American Meteorological Society e dell'Intergovernmental Panel on Climate Change. **OWEN BRIAN TOON** è direttore del Dipartimento di scienze atmosferiche e oceaniche dell'Università del Colorado a Boulder ed è anche membro del Laboratory for Atmospheric and Space Physics della stessa università. È membro dell'American Meteorological Society e dell'American Geophysical Union.

Cortesia Sherri L. West (*Robock*); cortesia Owen Brian Toon (*Toon*)

ne, mentre la stratosfera si riscalderebbe di oltre 50 gradi, perché le particelle di fumo nero assorbono la luce del Sole. Questo riscaldamento, a sua volta, modificherebbe i venti nella stratosfera, che porterebbero negli strati più alti gli ossidi di azoto che distruggono l'ozono. Le alte temperature e gli ossidi di azoto, insieme, ridurrebbero l'ozono fino ai pericolosi livelli che osserviamo oggi ogni primavera sotto il buco dell'ozono in Antartide. La radiazione ultravioletta al suolo aumenterebbe significativamente a causa della diminuzione dell'ozono.

Meno insolazione e precipitazioni, ondate di freddo, stagioni di crescita più brevi e più radiazioni ultraviolette, tutte insieme, ridurrebbero o eliminerebbero la produzione agricola. In particolare, il raffreddamento e la diminuzione dell'ozono sarebbero più accentuati alle medie e alte latitudini di entrambi gli emisferi, mentre il calo delle precipitazioni sarebbe maggiore ai tropici.

Il danno specifico causato da ognuno di questi mutamenti ambientali dipenderebbe dal tipo di coltura e di suolo, dalle pratiche agricole e dai climi regionali, e nessuno ha analizzato in dettaglio tutti questi effetti sull'agricoltura. Ma anche in tempi normali la possibilità di nutrire la popolazione umana, che cresce sempre più, si basa sul trasferimento di cibo da una parte all'altra del globo per compensare le carenze regionali provocate da siccità e variazioni meteorologiche stagionali.

La quantità complessiva di cereali immagazzinata oggi sul pianeta nutrirebbe la popolazione globale per appena due mesi (si veda *I rischi di un mondo senza cibo*, di Lester R. Brown, in «Le Scienze» n. 491, luglio 2009). La maggior parte delle città e dei paesi hanno scorte per un breve periodo, e negli ultimi anni le carenze di risorse (nonché l'aumento dei prezzi) si sono accentuate. Una guerra nucleare potrebbe innescare cali di produzione alimentare quasi ovunque, e un panico mondiale potrebbe fermare il sistema degli scambi, provocando gravi carestie in molte parti del mondo. Circa un miliardo di persone, che oggi vive con quantità di cibo minime, sarebbe minacciato di morte per fame a causa di una guerra nucleare tra l'India e il Pakistan o tra altre potenze nucleari regionali.

Servono conferme indipendenti

In generale gli scienziati mettono alla prova modelli e teorie facendo esperimenti, ma ovviamente non è questo il caso. Quindi cerchiamo esempi analoghi che possano verificare i nostri modelli.

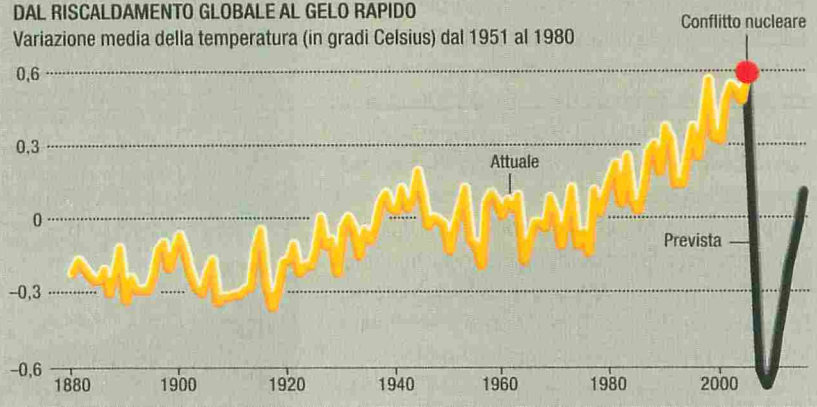
Città in fiamme. Purtroppo enormi incendi scatenati da grandi quantità di energia hanno già immesso ingenti quantità di fumo nella parte alta dell'atmosfera. San Francisco è andata in fiamme

Il collasso dell'agricoltura

Cinque milioni di tonnellate di fumo che avvolgono la Terra farebbero diminuire le temperature e aumentare le radiazioni ultraviolette, minacciando i raccolti di tutto il mondo.

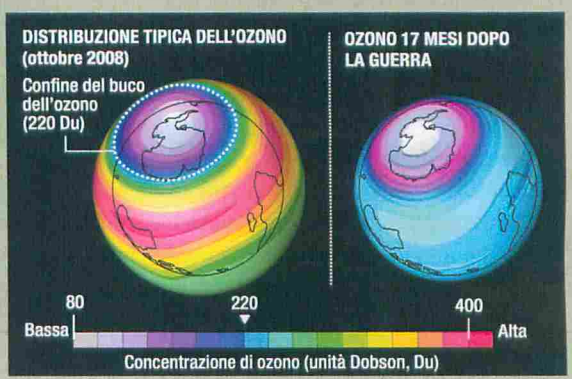
TEMPERATURA

La temperatura dell'aria vicino al suolo diminuirebbe di 1,25 gradi in tutto il globo, e dopo dieci anni sarebbe ancora più bassa di 0,5 gradi. Questo calo provocherebbe, in certe aree, gelate anche d'estate.



IMPOVERIMENTO DELL'OZONO

Il fumo assorbirebbe abbastanza luce solare da riscaldare fortemente la stratosfera, spingendo a quote più elevate gli ossidi di azoto, che distruggono l'ozono. Il buco dell'ozono che si registra ogni anno sopra il Polo Sud *(a sinistra, in viola e in blu scuro)* diventerebbe un fenomeno globale *(a destra)*, e livelli pericolosi di radiazione ultravioletta colpirebbero la superficie.



RACCOLTI DISTRUTTI

Insolazione ridotta, temperature più basse e siccità accorcerebbero la durata delle stagioni di crescita. Il gelo fuori stagione e l'aumento di radiazione ultravioletta, che penetrerebbe attraverso uno strato di ozono assottigliato, danneggerebbero ulteriormente le colture. La produzione di cibo diminuirebbe contemporaneamente in tutto il mondo, arrestando gli scambi alimentari. Sopra, nel 2007 un'ondata di gelo ha danneggiato il 70 per cento dei raccolti di agrumi della California.

Catherine Wilson (*grafico*); fonte del grafico: *A closer Look at United States and Global Surface Temperature Change*, di J.E. Hansen e altri, in «Journal of Geophysical Research», Vol. 106, 2001 (*variazione reale temperatura*); George Retseck (*grafici buco ozono*); Justin Sullivan/Getty Images (*arance*)

in conseguenza al terremoto del 1906, e intere città sono state incenerite durante la seconda guerra mondiale, tra cui Dresda, Amburgo, Tokyo, Hiroshima e Nagasaki.

Il ciclo stagionale. Durante l'inverno fa più freddo perché le giornate sono più corte e la luce del Sole è meno intensa; l'alternarsi delle stagioni ci aiuta a quantificare gli effetti di un minore irraggiamento solare. I nostri modelli climatici ricreano bene il ciclo stagionale, confermando che simulano adeguatamente i cambiamenti nell'insolazione.

Eruzioni. Le eruzioni vulcaniche esplosive – come quella del Tambora nel 1815, del Krakatoa nel 1883 e del Pinatubo nel 1991 – ci danno varie lezioni. Le nubi di aerosol di solfati formatesi nella stratosfera a causa di queste eruzioni sono state trasportate intorno al mondo dai venti. Dopo ciascuna eruzione la temperatura al suolo è diminuita in modo brusco e in proporzione allo spessore della nube di particolato. Dopo l'eruzione del Pinatubo, la temperatura globale media al suolo è scesa di circa 0,25 gradi. Precipitazioni globali, portata dei fiumi e umidità del suolo sono diminuite. I nostri modelli riproducono questi effetti.

Incendi boschivi. A volte il fumo dei grandi incendi boschivi arriva nella troposfera e nella bassa stratosfera ed è trasportato a grandi distanze, provocando una diminuzione delle temperature. I nostri modelli si comportano bene per questi effetti.

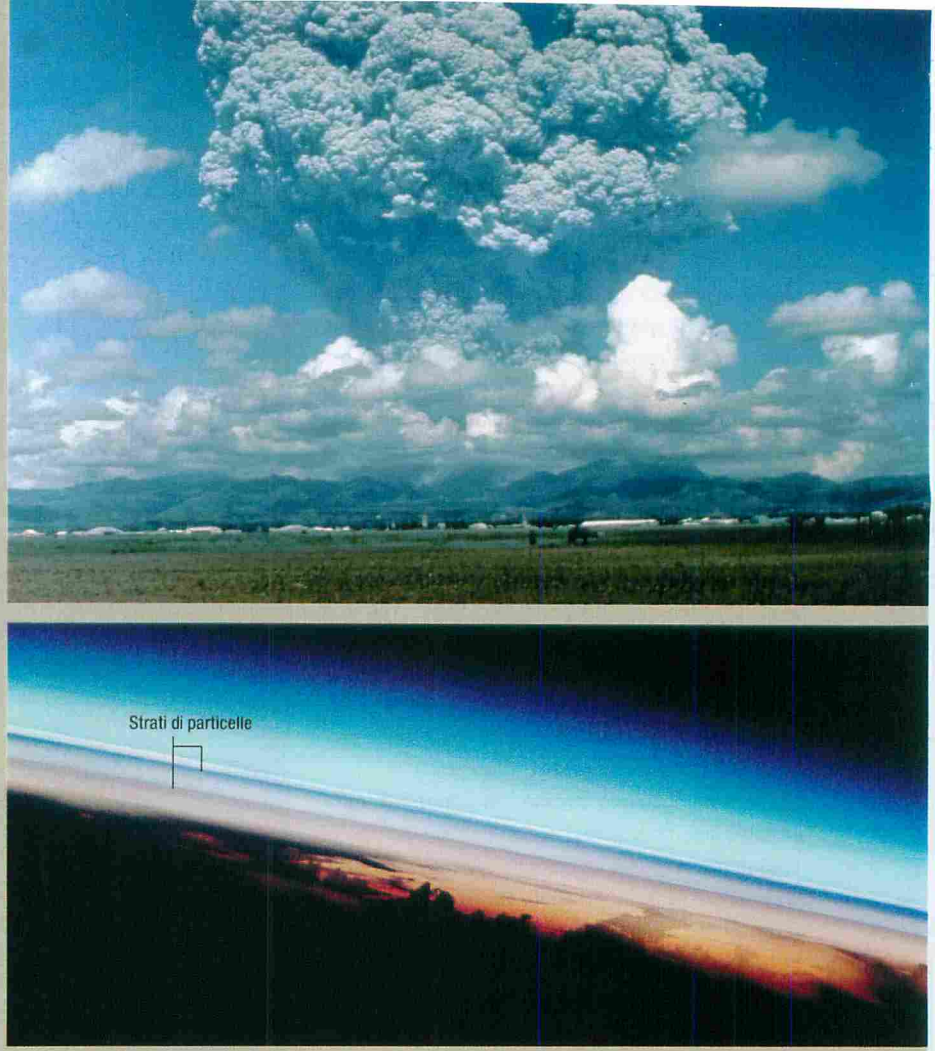
Estinzione dei dinosauri. Sessantacinque milioni di anni fa un asteroide ha colpito la penisola messicana dello Yucatán. La nube di polvere prodotta dall'impatto, mescolata con il fumo degli incendi, ha bloccato la luce del Sole sterminando i dinosauri. Forse l'effetto è stato accentuato da forti fenomeni vulcanici avvenuti in India. Gli eventi ci insegnano che grandi quantità di aerosol in atmosfera possono modificare il clima in modo così drastico da uccidere specie robuste.

Fino a oggi abbiamo usato queste analogie per mettere alla prova i nostri modelli e migliorarli, ma ora speriamo che il nostro lavoro sia ripreso e portato avanti da altri. Avremmo molto da imparare da modelli indipendenti che confermino o contraddicano i nostri. Studi riguardo l'impatto sull'agricoltura, che noi non abbiamo condotto, sarebbero particolarmente interessanti.

Abolizione: l'unica scelta

Le persone hanno varie impressioni sbagliate sull'inverno nucleare. Una è che gli effetti sul clima siano stati confutati (*si veda il box a p. 66*). Un'altra è che il mondo subirebbe un «autunno nucleare», anziché un inverno. Secondo i nostri nuovi calcoli, però, anche un conflitto regionale produrrebbe effetti climatici gravi e diffusi. I modelli e i computer usati negli anni ottanta non erano in grado di simulare la risalita e la persistenza del fumo in atmosfera o il lungo tempo necessario per far riscaldare gli oceani dopo la scomparsa del fumo; i modelli attuali di una guerra atomica su larga scala prevedono un inverno nucleare, non un autunno.

Altra impressione sbagliata è che il problema sia stato risolto con la fine della corsa agli armamenti. In realtà un inverno nucleare potrebbe essere prodotto facilmente dagli arsenali nucleari statunitense e russo previsti per il 2012. Inoltre il numero crescente di nazioni nucleari aumenta le possibilità che scoppi, per scelta o accidentalmente, una guerra. Per esempio la Corea del Nord ha minacciato guerra nel caso in cui le sue navi vengano ispezionate dalla comunità internazionale alla ricerca di materiali nucleari. Per fortuna la Corea del Nord non ha un arsenale nucleare, ma nel prossimo futuro potrebbe averne uno con portata globale. Alcuni leader estremisti indiani caldeggiano un attac-



EVENTI REALI COME LE ERUZIONI VULCANICHE ESPLOSIVE e i grandi incendi aiutano a verificare le simulazioni con cui si prevedono le conseguenze di una guerra nucleare. Nel 1991 il vulcano Pinatubo ha scagliato ceneri fino a chilometri di altezza (*foto in alto*). Poi queste ceneri hanno formato strati di particelle che hanno viaggiato per tutto il pianeta (*qui sopra*).

Time & Life Pictures/Getty Images (*Pinatubo*); Corbis (*strati di particelle*)

IL PRESIDENTE DEGLI STATI UNITI BARACK OBAMA e il presidente russo Dmitri Medvedev firmano nel luglio 2009 un accordo per ridurre il numero delle testate nucleari strategiche schierate dai due paesi. Ulteriori riduzioni potrebbero indurre tutti gli Stati che hanno armi atomiche a ridurre significativamente il numero globale delle testate.

Charles Dharapak/AP Photo

L'unico modo per eliminare l'eventualità di una catastrofe climatica è eliminare le armi nucleari

co nucleare al Pakistan in seguito ai recenti attacchi terroristici in India. Dato che l'India potrebbe sconfiggere rapidamente il Pakistan con forze convenzionali, il Pakistan potrebbe scegliere di attaccare l'India con armi nucleari se pensasse a un'imminente aggressione indiana. L'Iran ha minacciato di distruggere Israele, che è già una potenza nucleare e che ha assicurato che non permetterà all'Iran di diventare uno Stato nucleare. Ogni esempio descrive paesi che ritengono minacciata la loro esistenza e con poco preavviso. Questi punti di conflitto hanno la potenzialità di esplodere all'improvviso.

La prima guerra nucleare ha impressionato il mondo al punto che le armi nucleari non sono state più usate, anche se sono state accumulate in gran numero. Ma l'unico modo per eliminare la possibilità di una catastrofe climatica è eliminare le armi. Una rapida distruzione degli arsenali statunitense e russo darebbe l'esempio al mondo: le armi nucleari non si possono usare e non sono necessarie.

Lo Strategic Offensive Reductions Treaty (noto anche come «Trattato di Mosca»), impegna Stati Uniti e Russia a ridurre ciascuno le testate nucleari strategiche schierate fino a un numero compreso tra 1700 e 2200 unità. Nel luglio 2009 Barack Obama e Dmitri Medvedev si sono accordati per ridurre ulteriormente l'intervallo, portandolo a 1500-1675 entro il 2016. Anche se una riduzione degli arsenali strategici è lodevole, i nostri risultati mostrano che un numero minore di testate è ancora più che sufficiente a distruggere l'agricoltura mondiale, come lo è una guerra nucleare regionale. Se questo arsenale fosse usato contro bersagli urbani morirebbero centinaia di milioni di persone e 180 teragrammi di fumo verrebbero immessi nella stratosfera. Le temperature medie rimarrebbero sotto zero anche d'estate per vari anni nelle più importanti regioni agricole. Persino le testate a bordo di un singolo sottomarino potrebbero generare abbastanza fumo da creare un disastro ambientale globale.

La combinazione di proliferazione nucleare, instabilità politica e urbanizzazione potrebbe costituire uno dei maggiori pericoli per la stabilità della società fin dall'alba della nostra specie. Solo l'abolizione delle armi atomiche eviterà un possibile incubo. L'immediata riduzione degli arsenali statunitense e russo allo stesso livello delle altre potenze nucleari (qualche centinaio) manterrebbe l'effetto deterrente, ridurrebbe la possibilità di un inverno nucleare e incoraggerebbe il resto del mondo a proseguire verso la meta dell'eliminazione.

Il presidente Obama capisce questa logica. Nella sua prima conferenza stampa, il 9 febbraio 2009, ha detto: «È importante per gli Stati Uniti, d'accordo con la Russia... riaprire il dialogo su come iniziare a ridurre i nostri arsenali nucleari in modo concreto, per andare da altre nazioni e rimettere insieme i trattati di non proliferazione». In seguito, il 24 settembre, Obama ha spinto il Consiglio di sicurezza delle Nazioni Unite ad approvare una bozza di risoluzione che dovrebbe aumentare gli sforzi per liberare il mondo dalle armi nucleari. I risultati dei nostri modelli rafforzano ancora di più le ragioni per sostenere questa politica. ■

Letture

Climatic Consequences of Regional Nuclear Conflicts. Robock A., Oman L., Stenchikov G.L., Toon O.B., Bardeen C. e Turco R.P., in «Atmospheric Chemistry and Physics», Vol. 7, n. 8, pp. 2003-2012, aprile 2007.

Consequences of Regional-Scale Nuclear Conflicts. Toon O.B., Robock A., Turco R.P., Bardeen C., Oman L. e Stenchikov G.L., in «Science», Vol. 315, pp. 1224-1225, marzo 2007.

Nuclear Winter Revisited with a Modern Climate Model and Current Nuclear Arsenals: Still Catastrophic Consequences. Robock A., Oman L. e Stenchikov G.L., in «Journal of Geophysical Research», Vol. 112, luglio 2007.

Environmental Consequences of Nuclear War. Toon O.B., Robock A. e Turco R.P., in «Physics Today», Vol. 61, n. 12, pp. 37-42, dicembre 2008.

Massive Global Ozone Loss Predicted following Regional Nuclear Conflict. Mills M.J., Toon O.B., Turco R.P., Kinnison D.E. e Garcia R.R., in «Proceedings of the National Academy of Sciences», Vol. 105, n. 14, pp. 5307-5312, aprile 2008.

L'origine violenta

Una nuova ipotesi basata su recenti osservazioni geologiche suggerisce che violenti impatti di asteroidi hanno contribuito alla nascita dei continenti

di Sarah Simpson

IN SINTESI

- I bombardamenti di asteroidi avvenuti durante le prime fasi della formazione della Terra sono durati più a lungo di quanto si pensasse.
- Nuove prove mostrano che nove grandi impatti si sono verificati tra 3,8 e 2,5 miliardi di anni fa, nell'eone che ha visto la formazione dei primi continenti.
- Secondo una nuova ipotesi, questi impatti non furono totalmente distruttivi, ma potrebbero aver contribuito alla nascita dei continenti.

dei continenti

Durante le prime fasi della sua formazione, circa 4,6 miliardi di anni fa, la Terra era coperta da magma denso e incandescente e da gas ad altissima temperatura. In seguito alcune aree di quel mare infuocato si raffreddarono a sufficienza da consentire la formazione delle prime croste superficiali di roccia dura. Queste croste galleggiavano come scorie vulcaniche sul liquido caldissimo, ma non erano abbastanza spesse da dare origine a continenti veri e propri, i quali si sarebbero formati solo molto tempo dopo.

Esattamente quando e con quale velocità è una questione ancora dibattuta. Gli scienziati hanno ritenuto a lungo che la nascita dei continenti sia stata guidata solo dai meccanismi interni della Terra. Tuttavia alcune recenti scoperte hanno riportato in primo piano l'idea, un tempo ritenuta eretica, secondo cui anche gli impatti di grandi asteroidi avrebbero rivestito un ruolo costruttivo nello sviluppo del nostro pianeta.

Si è sempre ritenuto che i bombardamenti di asteroidi, frequenti durante le prime fasi di vita della Terra, fossero cessati quasi del tutto a partire da 3,8 miliardi di anni fa.

Don Dixon

A quell'epoca il pianeta si era raffreddato abbastanza da permettere ai neonati oceani di ospitare le prime forme microscopiche di vita. E si riteneva che in seguito i grandi impatti fossero stati rari e distruttivi (come quello che portò alla scomparsa dei dinosauri). Di recente però si è scoperto che la Terra subì una serie di collisioni imponenti durante l'eone Archeano, tra 3,8 e 2,5 miliardi di anni fa. Ma il potenziale distruttivo degli impatti sembrerebbe contrastare con il fatto che l'Archeano fu il periodo più produttivo nella formazione di continenti. Si stima che il 65 per cento dell'attuale crosta continentale si sia formato proprio in quell'eone.

Per risolvere questa apparente incongruenza, i geologi stanno analizzando rocce antiche alla ricerca di indizi che spieghino come queste collisioni hanno dato forma alla Terra. Dopo quarant'anni di lavoro sul campo, Andrew Y. Glikson, dell'Australian National University di Canberra, si è convinto che alcuni impatti con oggetti extraterrestri abbiano contribuito alla formazione dei primi continenti, compresi quelli i cui resti sono conservati in rocce del Sudafrica e dell'Australia occidentale.

Molti scienziati affermano però che le prove dirette di eventi così remoti nel tempo sono rare e controverse. Ma le simulazioni al computer dei possibili effetti di grandi impatti sembrerebbero dare un minimo di credito all'ipotesi di Glikson. Forse è presto per liquidare la teoria classica sulla formazione dei continenti, ma anche i più scettici riconoscono che vale la pena di esaminare a fondo gli effetti di queste potenti forze di origine spaziale.

Terra in vista!

Per decenni, prima che la potenziale influenza degli asteroidi dell'Archeano finisse al centro dell'attenzione, gli scienziati hanno cercato di capire come hanno avuto origine i continenti. Ma l'impegno dei ricercatori è sempre stato complicato dal fatto che il processo di formazione delle masse continentali è estremamente complesso: richiede la formazione di uno strato di crosta abbastanza spesso e leggero da galleggiare sul mantello, ed è proprio questa caratteristica a rendere l'attuale crosta continentale molto diversa rispetto alla crosta che si trova sul fondo degli oceani. Quest'ultima, ricca di ferro, è relativamente sottile e densa, e affonda facilmente, in genere entro 200 milioni di anni dalla sua formazione. La crosta continentale, invece, contiene rocce meno dense, come il granito, che hanno permesso ad alcuni frammenti di rimanere a galla, come iceberg sul mare, per quasi quattro miliardi di anni.

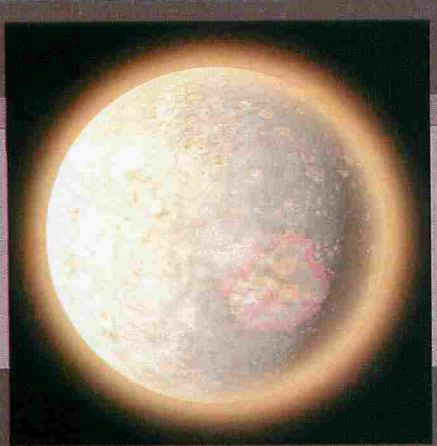
La storia dell'origine dei continenti cambia da un libro di testo all'altro, ma una versione comune recita più o meno così: durante brevi pause tra i vari bombardamenti di asteroidi, la tendenza della Terra a raffreddarsi portò alla formazione di crosta superficiale. Questa crosta però non era continua, ma frammentata in tanti pezzi che scivolavano sul magma in ebollizione. Dall'interno del mantello salivano pennacchi di roccia incandescente, che si raffreddavano a contatto con la superficie per poi affondare nuovamente, trascinando quei frammenti di crosta ultradensa. Nel frattempo i gas emessi dai vulcani creavano un'atmosfera primitiva, e la condensa ricadeva sotto forma di pioggia, generando oceani poco profondi che sommersero la sottile crosta di magma solidificato.

L'embrione dei primi continenti si formò quando il calore dei pennacchi fuse parzialmente porzioni di crosta, permettendo ai minerali più leggeri, che hanno un punto di fusione più basso, di separarsi da quelli più pesanti. Essendo più leggero

La nascita dei continenti

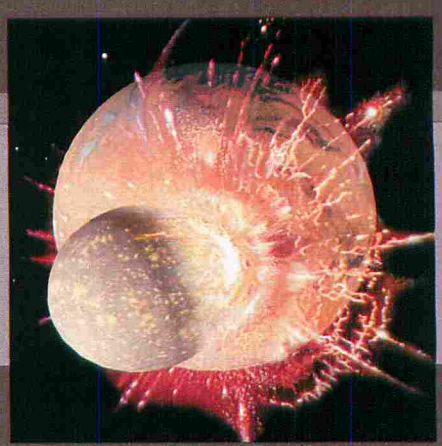
4,6 miliardi di anni fa

UN OCEANO DI MAGMA INCANDESCENTE
Formatasi dai detriti che orbitano all'interno della nebulosa solare, la Terra è una sfera di magma e gas incandescenti.



4,5 miliardi di anni fa

UNA PIOGGIA DI ASTEROIDI
Perdendo calore, il pianeta solidifica, ma gli impatti con enormi asteroidi (uno probabilmente delle dimensioni di Marte) distruggono quasi tutta la crosta appena formata.



Don Dixon

della roccia circostante, questo nuovo magma tendeva a risalire in superficie e, una volta solidificato, aveva meno probabilità di riaffondare.

Cicli ripetuti di fusione e separazione del magma più leggero portarono alla formazione del granito. È impossibile stabilire con certezza quando si verificarono questi processi, ma c'è una loro traccia che risale ai primi 160 milioni di anni di vita della Terra: minuscoli cristalli di zircone dell'età di 4,4 miliardi di anni, erosi da un granito primordiale e in seguito depositati in rocce sedimentarie più giovani in quella che oggi è l'Australia (si veda *Il grande freddo della giovane Terra*, di John W. Valley, in «Le Scienze» n. 448, dicembre 2005).

Probabilmente questo granito fu un componente minore delle masse rocciose che per prime emersero dalla superficie degli oceani. Di sicuro questi proto-continenti furono poca cosa rispetto ai continenti attuali, che coprono il 30 per cento della superficie del pianeta e hanno uno spessore medio di 35 chilometri. È anche probabile che la crescita dei proto-continenti sia stata lenta, analogamente a quanto osserviamo oggi: le collisioni tra proto-continenti produssero ammassi di crosta sempre più spessi, e i pennacchi che salivano dal mantello facilitarono l'uscita di nuovo magma.

Per la maggior parte dei geologi, il primo continente vero e proprio si formò 3 miliardi di anni fa, probabilmente aveva l'aspetto di un arido cumulo di roccia ricoperto di vulcani e quasi sicuramente era più piccolo dell'attuale Australia. È anche possibile che i cratoni dei moderni continenti australiano e africano, ossia le loro parti più antiche, facessero parte di questo continente originario. Bruce M. Simonson, geologo dell'Oberlin College, negli Stati Uniti, fa notare che il cratone Pilbara, nell'Australia nordoccidentale, e il cratone Kaapvaal, nelle Barberton Mountain Lands del Sudafrica, «sono molto simili dal punto di vista geologico». «Sono convinto del fatto che Barberton e Pilbara fossero parte di un unico continente poi diviso in due», afferma Simonson, che ha passato mesi a studiare gli aridi affioramenti rocciosi di entrambe le regioni.

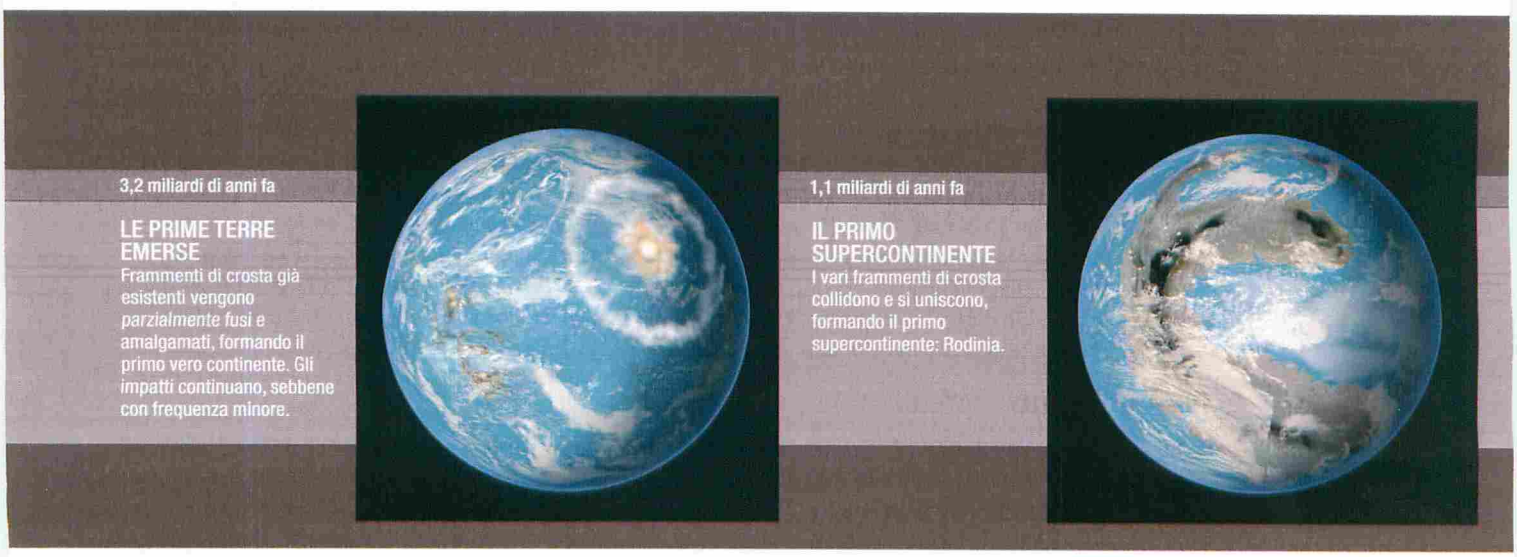
Non sappiamo quale area del mondo ospitò il primo continente, ma il continuo movimento del magma all'interno del pianeta ruppe quella primigenia massa rocciosa, producendone altre. Una successiva serie ben documentata di spaccature e fusioni portò alla disposizione attuale.

Sapere dove cercare

Il movimento delle placche spiega in modo chiaro l'evoluzione dei continenti dalla loro giovinezza fino all'età adulta; che cosa sia successo nelle primissime fasi della vita dei continenti, però, non è ancora chiaro. Per avere qualche indizio, alcuni geologi hanno deciso di studiare le antiche formazioni rocciose del Sudafrica e dell'Australia. In confronto ai cratoni di altri continenti recenti, le formazioni del Kaapvaal e del Pilbara sono state meno soggette a metamorfismi, e sono tra gli esemplari meglio conservati di crosta archeana. Di particolare interesse all'interno di questi cratoni sono le *greenstone belt*, formazioni rocciose originatesi tra 3,5 e 2,4 miliardi di anni fa, proprio all'epoca della nascita dei primi continenti.

A partire dagli anni settanta, la maggior parte dei geologi ha interpretato le greenstone belt come l'equivalente minerale degli archi di isole vulcaniche che si formano lungo i margini delle placche tettoniche in collisione (e che successivamente diventano parte dei continenti). Durante queste collisioni, che possono continuare per milioni di anni, la placca inferiore si immerge sempre più nel man-

Tre miliardi di anni fa si è formato il primo vero continente: una distesa di roccia arida ricoperta di vulcani



Gli impatti avvenuti all'inizio dell'Archeano hanno prodotto effetti non trascurabili

tello, formando profonde fosse note come zone di subduzione. Quando le isole giungono al bordo della fossa non vengono trascinate nel mantello insieme al resto della crosta, ma vengono erose dal margine della placca superiore. La Sierra Nevada e altre catene montuose degli Stati Uniti occidentali si sono formate in questo modo.

Secondo Glikson però questo modello di crescita continentale non spiega tutte le caratteristiche geologiche osservate nelle greenstone belt. Anni fa, infatti, studiando le formazioni sudafricane e australiane, Glikson ha scoperto che i segmenti più antichi delle greenstone belt (di età compresa tra 3,5 e 3 miliardi di anni) sembravano accumulati verticalmente, come se strati di materiale eroso si fossero depositati a più riprese tra masse di magma granitico deformate dalle forze provenienti dal mantello. Queste formazioni non presentavano i segni tipici della subduzione, cioè sedimenti e materiali vulcanici accumulati orizzontalmente.

La mancanza di prove di subduzione non deve stupire. La maggior parte degli scienziati ritiene che all'inizio dell'Archeano la tettonica delle placche fosse meno efficiente di oggi, o addirittura assente. Il pianeta infatti era più caldo, e i flussi convettivi che determinavano il movimento delle placche erano meno intensi. Secondo Glikson, quindi, deve essersi verificato un evento improvviso durante la formazione delle parti più antiche delle greenstone belt. Le specifiche età di diverse rocce ritrovate al loro interno suggeriscono che enormi masse di granito si siano formate durante una serie di episodi improvvisi e ben definiti. Se però non si è trattato di subduzione, qual è stata la forza che ha determinato questi cambiamenti?

Spinto da questi dubbi, Glikson ha cercato altre spiegazioni per il fenomeno che ha dato forma al pianeta durante l'Archeano. Sapeva che uno dei fattori ignorati dai geologi erano gli impatti di asteroidi e comete. I bombardamenti di asteroidi raggiunsero un picco di intensità intorno a 3,9 miliardi di anni fa, per poi continuare, come indicato dagli studi sui crateri lunari, fino a circa 3,2 miliardi di anni fa. Questi ultimi bombardamenti potrebbero avere avuto un ruolo? Il primo passo era trovare prove convincenti del fatto che questi impatti fossero effettivamente avvenuti. Era possibile che le prove fossero andate perse? O erano i geologi che non le avevano individuate correttamente?

Impatti profondi

Nel 1986 due geologi statunitensi avevano risposto all'ultima domanda. Durante l'annuale spedizione sulle Barberton Mountains, Donald R. Lowe, della Stanford University, e Gary R. Byerly, della Louisiana State University, avevano scoperto un sottile strato di antichi sedimenti marini contenente centinaia di microscopiche sfere cave di un materiale simile al vetro. Esaminate più da vicino, le sfere erano apparse quasi identiche alle cosiddette sferule da impatto che erano diventate la prova più convincente della teoria secondo cui, 65 milioni di anni fa, un asteroide mise fine al regno dei dinosauri. Le sferule di Barberton, risalenti a 3,5 miliardi di anni fa, e un altro letto di sferule trovato nel cratone australiano di Pilbara erano le prime prove di un impatto avvenuto durante l'Archeano tra un grande oggetto extraterrestre e la Terra.

In seguito sono arrivate altre scoperte. Lowe e Byerly sapevano che le sferule prodotte dall'impatto responsabile dell'estinzione dei dinosauri si distribuirono su tutto il pianeta, quindi avevano stabilito una correlazione tra le sferule di Barberton e quelle rinvenute a Pilbara; inoltre avevano individuato due depositi di sferule in Sudafrica, ciascuno datato a circa 3,2 miliardi di anni fa. All'inizio degli anni novanta, nel corso di una spedizione a Pilbara, anche Simonson aveva scoperto alcuni depositi di sferule. In questo caso, però, l'età era di 2,5 miliardi di anni, il che indicava che gli impatti di asteroidi continuarono oltre la fine dell'Archeano.

Questo nuovo scenario ha permesso di raccogliere ulteriori informazioni sugli asteroidi e sui loro effetti. Per esempio in base alla composizione delle sferule, ricche di magnesio e ferro, Lowe e Byerly avevano dedotto che molto probabilmente gli asteroidi colpirono la roccia densa di un bacino oceanico, lontano dalle aree dove poi le sferule si depositarono. I segni di maremoti planetari che accompagnano ciascun deposito di sferule scoperto in Sudafrica hanno rafforzato l'ipotesi secondo cui l'impatto avvenne in mare e non sulla terraferma. Glikson aveva notato che l'epoca di questi impatti coincide con la formazione nelle rocce del Pilbara di «un gran numero di massi spigolosi, con blocchi larghi fino a 250 metri». Questo caotico insieme di rocce è il risultato del sollevamento e del successivo collasso della superficie terrestre lungo le faglie sismiche dell'area. Non a caso, uno degli effetti immediati dell'impatto con un grande asteroide sarebbe stato proprio una serie di forti terremoti.

Ovviamente questi impatti avvenuti all'inizio dell'Archeano produssero effetti non trascurabili. Sulla base della distribuzione delle sferule e del confronto con i materiali emessi durante impatti precedenti, Lowe e Byerly avevano stimato che gli asteroidi erano decisamente grandi: tra 20 e 50 chilometri di diametro. (Per dare un'idea, si pensa che l'asteroide che estinse i dinosauri non superasse i 15 chilometri di diametro.) Questi ordini di

Bruce M. Simonson, Oberlin College (*sferule*); Scott Hassler, Oberlin College (*Pilbara*); Don Lowe, Stanford University (*Barberton Mountains*); Cat Wilson (*mappe*)

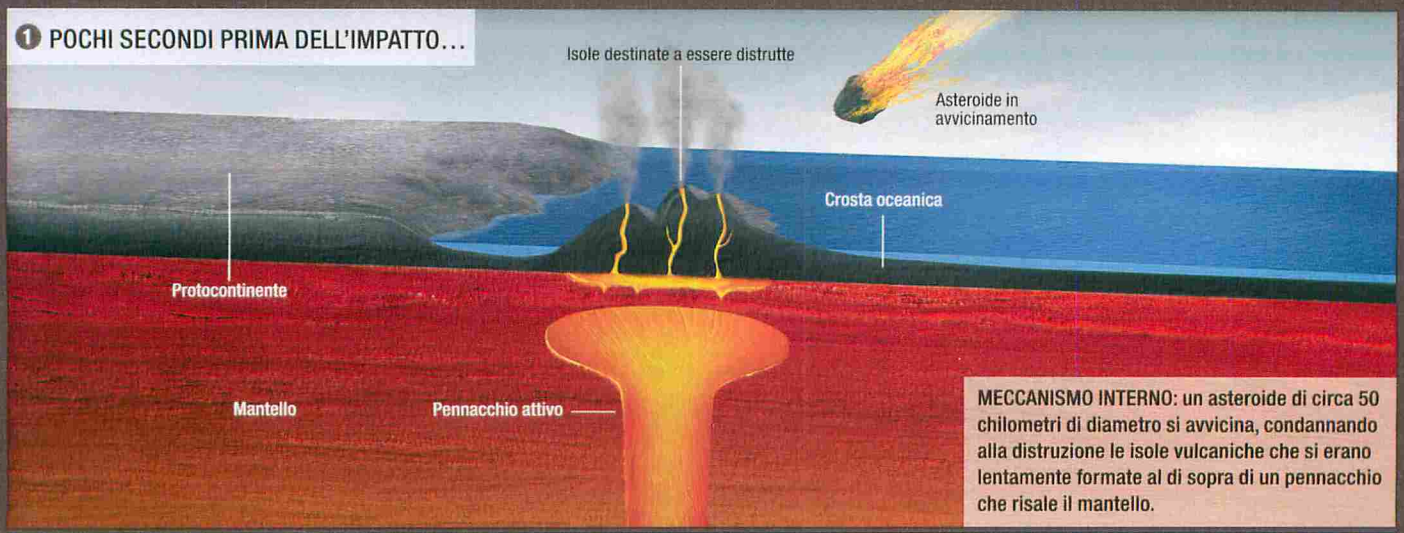
Un antico continente ferito dagli asteroidi

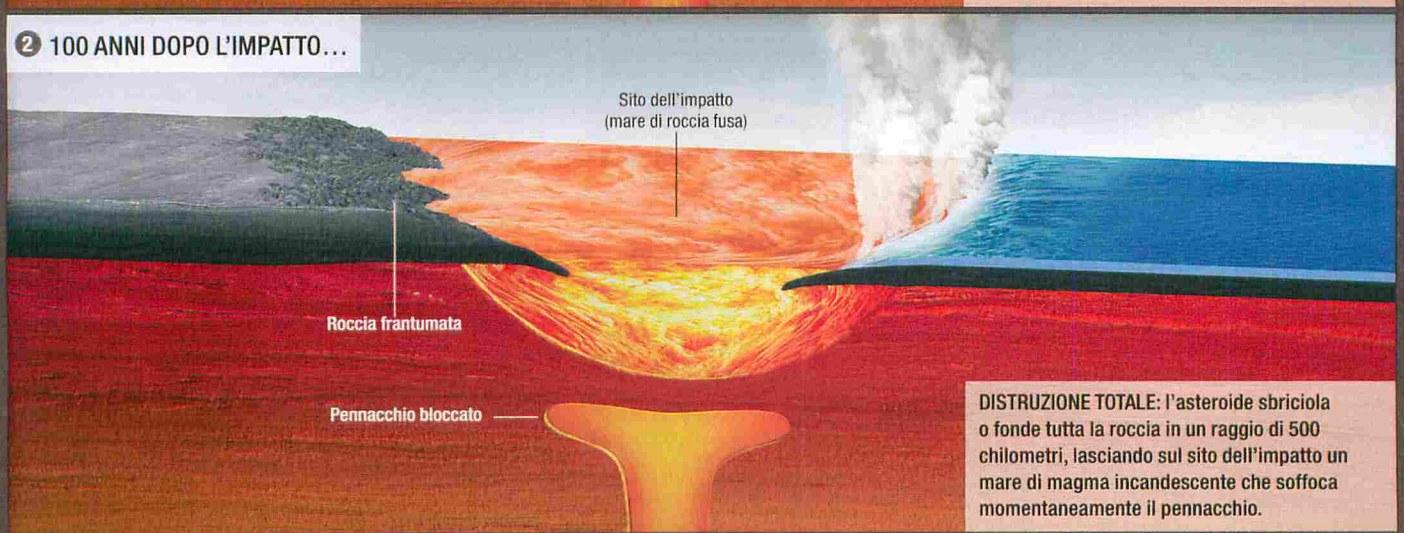
Le tracce più importanti riguardo alla nascita dei continenti si trovano in Sudafrica e in Australia. Secondo alcuni geologi, alcune parti delle Barberton Mountains, in Sudafrica (*qui sotto a destra*), e della regione del Pilbara, nell'Australia nordoccidentale (*in basso*), sono ciò che resta di una massa continentale un tempo unita. Fino a oggi, gli scienziati al lavoro in quest'area hanno scoperto le tracce di almeno nove grossi impatti di asteroidi avvenuti tra 3,5 e 2,5 miliardi di anni fa. Ogni asteroide avrebbe prodotto uno strato di sferule da impatto (*qui sotto a sinistra*).

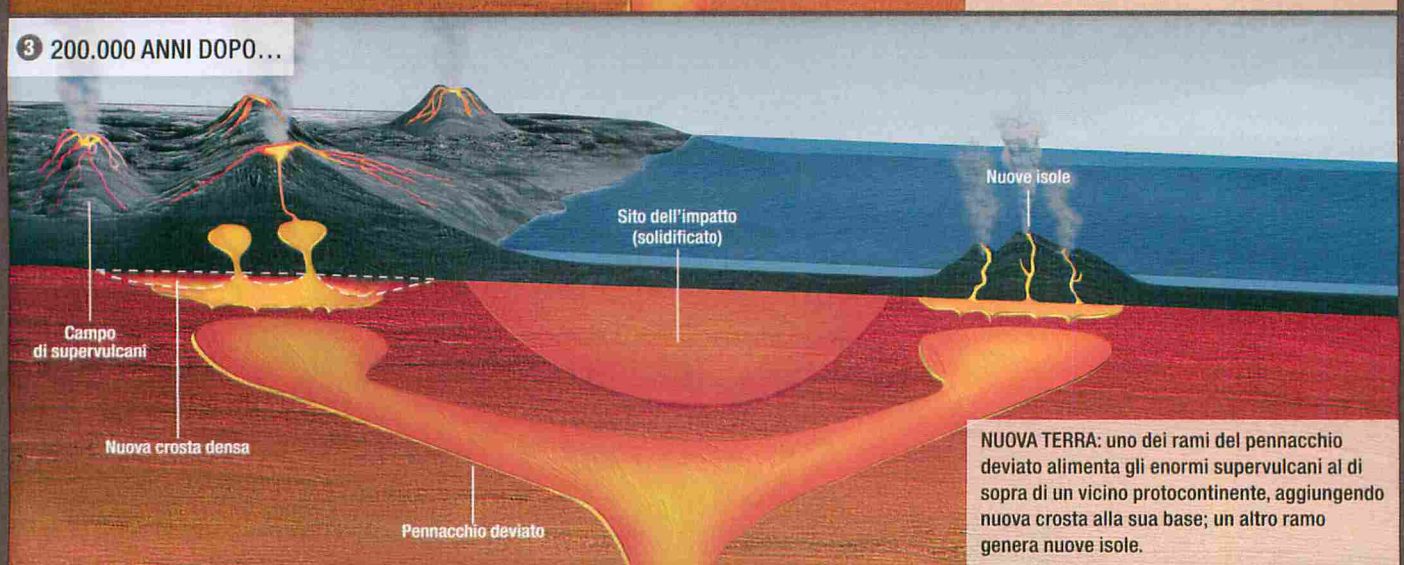
▲ 2,5 miliardi di anni fa un asteroide si scontrò con la Terra. La nube di roccia vaporizzata sollevata dall'impatto fu dispersa dal vento per tutto il globo. Raffreddandosi, il vapore di roccia si condensò, formando strutture con dimensioni della sabbia, chiamate sferule da impatto (*nella foto*), che precipitarono e rimasero intrappolate negli strati di sedimenti marini oggi visibili sulle colline dell'Australia nordoccidentale.

Dal caos cosmico alla formazione di nuova crosta

Miliardi di anni fa, i pennacchi che risalivano all'interno del mantello terrestre producevano nuova crosta più o meno allo stesso modo in cui avviene oggi: il magma incandescente risaliva e fondeva parzialmente la roccia soprastante, alimentando fenomeni vulcanici che aumentavano lo spessore della crosta (*1*). L'impatto con un grosso asteroide potrebbe aver temporaneamente bloccato questo meccanismo (*2*). Ma alcune simulazioni al computer suggeriscono che sul lungo periodo una collisione del genere potrebbe aver prodotto un effetto costruttivo, deviando il pennacchio verso le zone circostanti (*3*).







grandezza hanno suggerito a Glikson un possibile ruolo degli asteroidi dell'Archeano nella formazione dei continenti. Il ricercatore ha quindi prestato attenzione ad altri cambiamenti improvvisi avvenuti contemporaneamente a una serie di impatti che potevano chiarire la questione: gli stessi impatti che Lowe e Byerly avevano scoperto nei sedimenti che si depositarono in Sudafrica 3,2 miliardi di anni fa.

In un articolo recente Glikson ha osservato che l'epoca di questi impatti coincide con l'emersione di queste aree al di sopra del livello del mare e, presumibilmente, con la formazione di un nuovo continente. Nello specifico, le rocce formatesi prima degli impatti consistono in spessi strati di crosta oceanica e in sedimenti che normalmente si formano sul fondo marino. Durante il periodo degli impatti, invece, questi strati basaltici sono deformati, sollevati ed erosi: il tipo di trasformazioni facilmente associabile all'impatto con un asteroide. Tutte le rocce formatesi successivamente agli impatti, invece, sono composte dai resti erosi di rocce che si potevano formare solo sulla terraferma. Questi cambiamenti lasciano pensare che poco dopo gli impatti grandi forze dall'interno del mantello abbiano sollevato la crosta al di sopra della superficie del mare, formando graniti e altri tipi di roccia continentale che poi sono stati erosi.

Glikson inoltre ha suggerito che siano stati gli asteroidi a causare quei sollevamenti. L'elemento cruciale della tesi sarebbero le grandi intrusioni di magmi granitici risalenti a circa 3,2 miliardi di anni fa presenti sia nel Pilbara sia a Kaapvaal. La vicinanza temporale degli impatti e della formazione del magma non sarebbe una coincidenza, ma lascerebbe invece intuire una relazione di causa ed effetto. Secondo il ricercatore, la forza degli impatti «causò sia il sollevamento dei primi continenti sia le intrusioni di magmi granitici, che testimonierebbero l'origine violenta di almeno una parte della crosta continentale». La questione più critica però riguarda i processi che avrebbero generato il magma. Secondo Glikson, fu la forza distruttiva di impatti avvenuti 3,2 miliardi di anni fa ad alterare i movimenti convettivi del mantello, dando origine a nuovi pennacchi che riscaldarono e modificarono la crosta.

Critiche costruttive

La plausibilità delle affermazioni di Glikson dipende sostanzialmente dalle dimensioni degli asteroidi considerati. Dal punto di vista della Terra un asteroide delle stesse dimensioni di quello che causò l'estinzione dei dinosauri sarebbe poco più che un «moscerino sul parabrezza», sostiene Simonson. Dimensioni doppie però potevano produrre effetti più marcati. In particolare, secondo Jay Melosh, geofisico della Purdue University, un asteroide di almeno 50 chilometri di diametro poteva effettivamente alterare i flussi di calore interni alla Terra. Basandosi su simulazioni al computer, Melosh riesce a descrivere il modo in cui un asteroide di dimensioni sufficientemente grandi precipitato sulla Terra all'inizio dell'Archeano avrebbe contribuito alla formazione di un continente (*si veda il box nella pagina a fronte*).

In questo scenario ipotetico, un asteroide di 50 chilometri di diametro si schianta su un bacino oceanico a circa 20 chilometri al secondo. Un impatto di questo tipo non forma un cratere, ma genera un enorme mare di roccia fusa largo circa 500 chilometri e profondo altrettanto. Se un simile lago di magma si fosse formato in corrispondenza di un pennacchio, il suo intenso calore avrebbe soffocato il pennacchio stesso, deviandolo verso le regioni circostanti. Più in dettaglio: il pennacchio poteva essere deviato sotto la densa crosta oceanica, dove avrebbe generato nuove isole che poi sarebbero migrate verso una zona di subduzione, contribuendo all'accrescimento di un continente; oppure, il pennacchio poteva essere deviato sotto un protocontinente di roccia poco densa, dove il suo calore sarebbe stato sufficiente a produrre nuove emissioni di magma granitico, simili a quelle rinvenute nelle greenstone belt di Pilbara e Kaapvaal, aumentando lo spessore del continente.

Melosh però avverte che uno scenario del genere sarebbe difficile da confermare. È praticamente impossibile provare che un asteroide abbia deviato i pennacchi nel mantello, generando gli embrioni degli attuali continenti. Ormai i crateri lasciati dagli asteroidi dell'Archeano sono stati assorbiti dalle zone di subduzione o sono stati cancellati dall'erosione. Inoltre, se anche il granito delle greenstone belt fosse effettivamente stato prodotto da un pennacchio, è possibile che questo pennacchio fosse attivo già prima dell'impatto.

In definitiva, Glikson ha fatto luce sull'incredibile coincidenza temporale esistente tra gli impatti di asteroidi avvenuti all'inizio dell'Archeano e la formazione di nuovo magma all'interno delle parti più antiche degli attuali continenti. Inoltre Glikson ha collegato i due eventi con un meccanismo credibile in una relazione di causa-effetto. «Si tratta di un'ipotesi molto probabile su ciò che può essere accaduto», afferma Lowe. «Ma è solo una delle possibili interpretazioni». Senza dubbio però alcuni impatti hanno interrotto la dinamica interna della Terra, e la loro violenza potrebbe non essere stata totalmente distruttiva. ■

QUESTIONE DI DENSITÀ: Il basalto (*in alto*) è il principale tipo di roccia che si trova all'interno della densa crosta dei bacini oceanici. La crosta continentale, invece, è formata principalmente da granito (*qui sopra*), meno denso del basalto. La relativa leggerezza del granito permette ai continenti di restare a galla, mentre la crosta oceanica affonda quasi subito nel mantello.

Letture

L'evoluzione della crosta continentale. Taylor S.R. e McLennan S.M., in «Le Scienze», n. 331, marzo 1996.

Field Evidence of Eros-Scale Asteroids and Impact Forcing of Precambrian Geodynamic Episodes, Kaapvaal (South Africa) and Pilbara (Western Australia) Cratons. Glikson A.Y., in «Earth and Planetary Science Letters», Vol. 267, pp. 558-570, 2008.

Gli effetti dell'impatto con un asteroide possono essere calcolati su **www.lpl.arizona.edu/impacteffects.**

Kevin Hand (*illustrazioni a fronte*), fonte: Jay Melosh, Purdue University; Peter Scoones/Getty Images (*basalto*); Erich Schremp/Photo Researchers, Inc. (*granito*)

Un piano per sconfiggere le malattie tropicali dimenticate

Il legame tra povertà e patologie croniche affligge da sempre le popolazioni più indigenti, rendendo più difficile migliorarne le condizioni di vita. Una recente iniziativa potrebbe rompere questo circolo vizioso

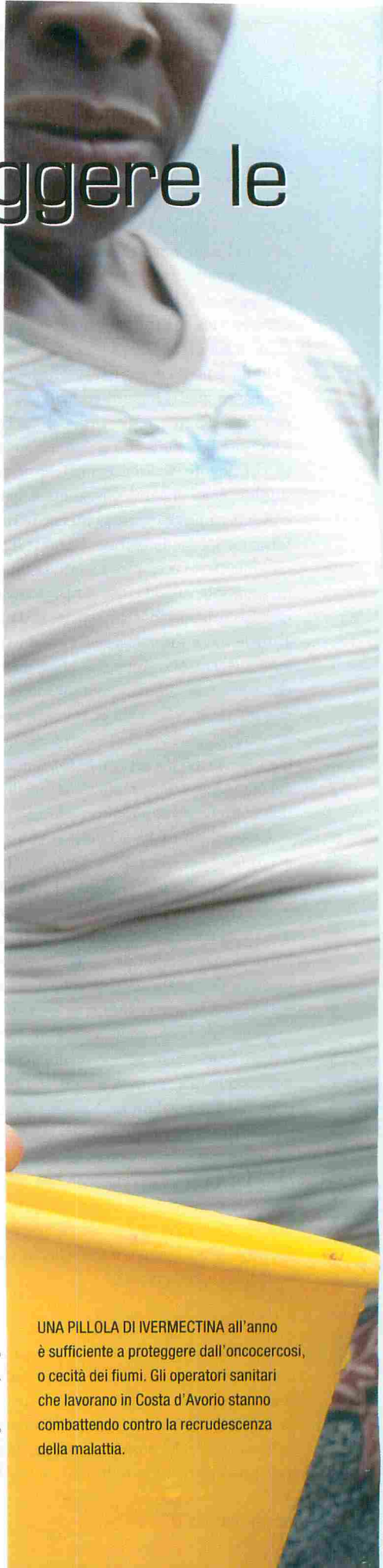
IN SINTESI

- Un gruppo di sette malattie tropicali, causate soprattutto da vermi parassiti, colpisce un miliardo di persone povere in tutto il mondo. Di rado queste malattie uccidono direttamente, ma causano sofferenze che durano tutta la vita e bloccano la crescita dei bambini, riducono la produttività degli adulti e aumentano il rischio di contrarre altre malattie.
- Per fortuna queste patologie tropicali si possono curare facilmente, spesso basta un'unica pillola. Diverse agenzie e fondazioni collaborano per distribuire i farmaci necessari, anche se finora hanno raggiunto solo il dieci per cento circa della popolazione colpita.

Nel nord del Burkina Faso, non molto più a est della falesia di Bandiagara, in Mali, una delle mete più famose per chi ama girare l'Africa Occidentale con lo zaino in spalla, si trova la città di Koumbri, uno dei luoghi dove cinque anni fa il Ministero della Salute del Burkina Faso ha iniziato una campagna di massa per curare le infezioni da vermi parassiti. All'epoca Aboubacar aveva otto anni, e aveva riferito ai medici di sentirsi perennemente stanco e malato, e di aver notato la presenza di sangue nelle urine. Dopo aver preso alcune pillole si è sentito meglio, ha ripreso a giocare a calcio e ha cominciato a concentrarsi sui compiti di scuola, ottenendo un profitto migliore.

Il programma del Burkina Faso, grazie a cui sono stati curati più di due milioni di bambini, rappresenta sia una storia di successo sia un emblema tragico di questo tipi di malattia nei paesi in via di sviluppo. Ogni giorno un miliardo di persone in tutto il mondo si sveglia sentendosi male perché non dispone di cure molto semplici. Di conseguenza, queste persone non vanno a scuola o non lavorano con profitto.

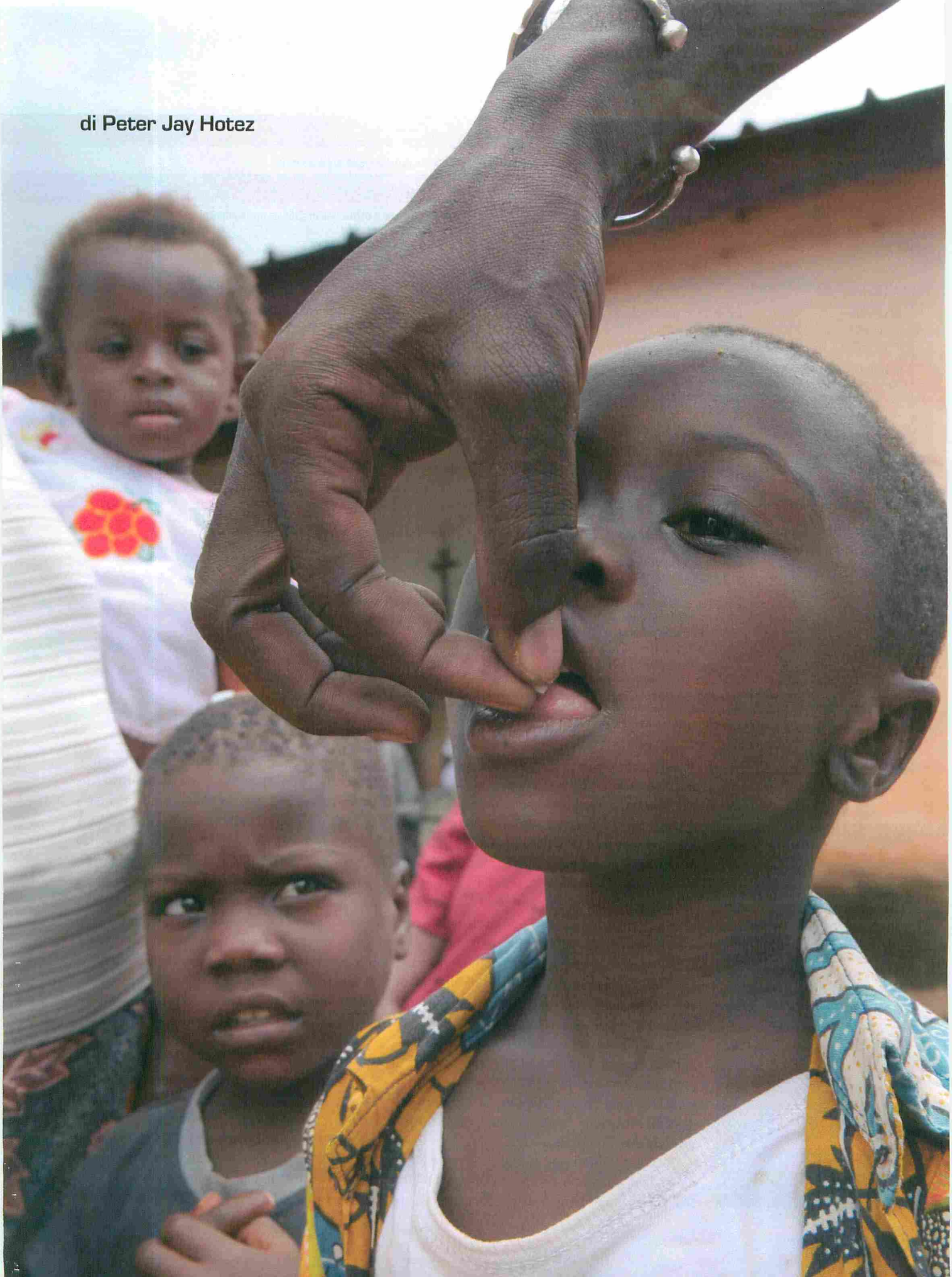
La maggior parte degli abitanti dei paesi ricchi mette sullo stesso piano le malattie tropicali e le tre grandi piaghe: HIV/AIDS, tubercolosi e malaria. E le agenzie che finanziano i progetti ripartiscono gli aiuti di conseguenza. Ma c'è un gruppo di malattie, note collettivamente come malattie tropicali dimenticate (*neglected tropical disease*), che ha un impatto addirittura più esteso. Spesso possono non essere letali, ma



Issouf Sanogo AFP/Getty Images

UNA PILLOLA DI IVERMECTINA all'anno è sufficiente a proteggere dall'oncocercosi, o cecità dei fiumi. Gli operatori sanitari che lavorano in Costa d'Avorio stanno combattendo contro la recrudescenza della malattia.

di Peter Jay Hotez



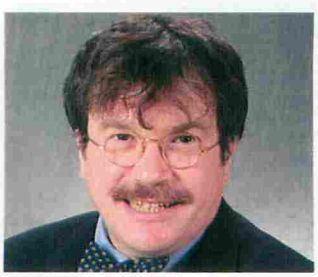
Le terribili sette

Le malattie tropicali dimenticate sono un gruppo di sette infezioni parassitarie o batteriche diffuse nelle aree povere.

MALATTIA	CASI	CAUSE	TRASMISSIONE	EFFETTI
Ascaride (Ascaridiosi)	800 milioni	Vermi ascaridi lunghi da 12 a 35 centimetri nell'intestino tenue (*in dimensioni reali*)	Suolo	■ Malnutrizione e ostruzione intestinale nei bambini piccoli ■ Blocco della crescita ■ Danni alle capacità cognitive
Tricocefalo (Trichiuriasi)	600 milioni	Trichiuridi, lunghi da 2,5 a 5 centimetri, vivono nel colon (intestino crasso)	Suolo	■ Colite e malattia infiammatoria cronica intestinale ■ Arresto dello sviluppo infantile e danni alle capacità cognitive
Anchilostomiasi	600 milioni	Vermi nematodi di 1,25 centimetri del genere *Necator* che vivono nell'intestino tenue	Suolo	■ Grave anemia sideropenica e malnutrizione proteica ■ Ittero (anemia) ■ Arresto della crescita infantile e danni allo sviluppo intellettuale e cognitivo ■ Morbidità materna e mortalità durante la gravidanza
Schistosomiasi	200 milioni	Vermi del genere *Schistosoma*, lunghi 1,25-2,5 centimetri, che vivono nelle vene della vescica o nell'intestino	Acqua dolce	■ Uova uncinate che danneggiano vescica, intestino o fegato e causano infiammazione ■ Dolore cronico, anemia, malnutrizione e arresto della crescita ■ Fibrosi epatica e intestinale (per *Schistosoma mansoni* e *S. japonicum*) ■ Ematuria (sangue nelle urine), malattie renali, schistosomiasi genitale femminile (per *S. haematobium*)
Filariasi linfatica (elefantiasi)	120 milioni	*Wuchereria*, vermi nematodi che vivono negli arti, nel torace e nei genitali, lunghi da 5 a 10 centimetri	Zanzara	■ Gonfiore alle gambe ■ Edema dello scroto ■ Deformazioni
Oncocercosi	30-40 milioni	*Onchocerca*, vermi che vivono in noduli sottocutanei, lunghi da 2,5 a 50 centimetri	Mosca nera	■ Microfilarie (larve) nella pelle e negli occhi ■ Dermatite cronica pruriginosa da *Onchocerca* ■ Cecità
Tracoma	60-80 milioni	*Chlamydia*, batterio intracellulare	Scarsa igiene, mosca comune	■ Cecità

L'AUTORE

PETER JAY HOTEZ dirige il Dipartimento di microbiologia, immunologia e medicina tropicale della George Washington University. È presidente del Sabin Vaccine Institute, membro dell'Institute of Medicine della National Academies of Science e cofondatore della rete globale per le malattie tropicali dimenticate (Global Network for Neglected Tropical Diseases).



debilitano, causando gravi anemie, malnutrizione, ritardo nello sviluppo intellettuale e cognitivo e cecità. Possono sfigurare in modo devastante arti e genitali, causare deformità cutanee e aumentare il rischio di contrarre l'HIV/AIDS e di soffrire di complicazioni in gravidanza. Queste malattie non solo derivano dalla povertà, ma contribuiscono anche ad alimentarla: i bambini non possono sviluppare le loro potenzialità, e gli adulti che lavorano non sono produttivi quanto potrebbero.

Malattie del genere non sono confinate ai paesi in via di sviluppo. Secondo le mie stime, milioni di statunitensi che vivono in condizioni di indigenza soffrono di infezioni simili a queste. Tassi elevati di infezioni parassitiche come la cisticercosi, la malattia di Chagas, la tricomoniasi e la toxocariasi si registrano anche nelle nostre città dell'entroterra: nella Louisiana del dopo-Katrina, in altre parti del delta del Mississippi, lungo il confine col Messico e negli Appalachi (*si veda il box a p. 82*).

Queste malattie tropicali flagellano l'umanità da migliaia di anni. Gli storici hanno trovato descrizioni accurate di molte di queste malattie in diversi testi antichi: Bibbia, Talmud, Veda, scritti di Ippocrate, papiri egizi. Ora, però, donatori, aziende farmaceutiche, Ministeri della Salute dei paesi a basso e medio reddito, Organizzazione mondiale della Sanità (OMS) e *partnership* tra pubblico e privati stanno unendo gli sforzi per combatterle in modo più coordinato e sistematico. Negli ultimi cinque anni, la Fondazione Bill & Melinda Gates e il fondo per lo sviluppo sostenibile Legatum, con sede a Dubai, insieme al governo statunitense e britannico hanno impegnato un'ingente quantità di denaro, mentre le principali aziende farmaceutiche hanno donato farmaci di cui c'era urgente bisogno. Ma la battaglia è appena agli inizi.

Come sanguisughe

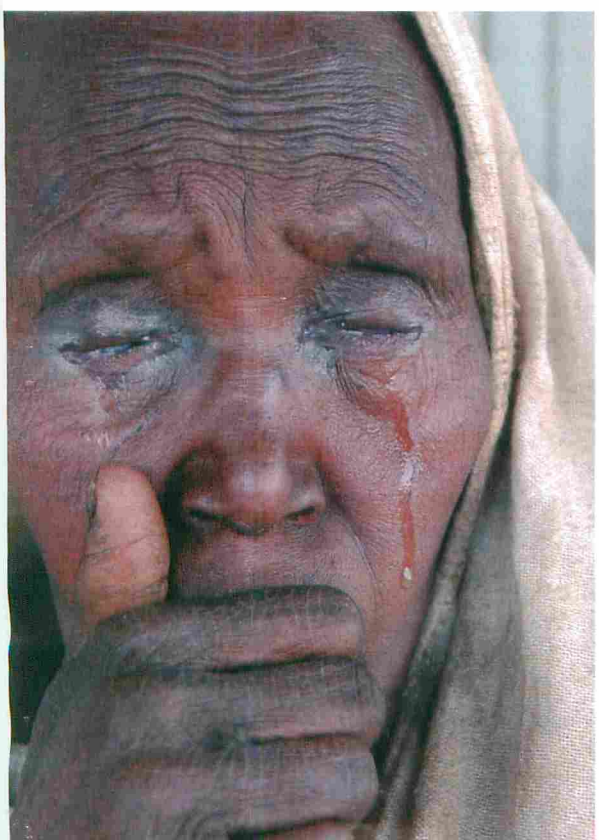
È difficile percepire l'impatto globale delle malattie tropicali dimenticate. Quasi ogni persona povera che vive nell'Africa subsahariana, nel Sudest asiatico e in America Latina è affetta da una o più di queste malattie, che durano anni, decenni e spesso per tutta la vita. Le sette più comuni sono quelle che causano i danni più devastanti.

Cortesia GW Medical Center Marketing and Communications (*Hotez*); Cat Wilson (*verm*); Erik S. Lesser/Redux Pictures (*donna e bambino*); Manella Furrer/Redux Pictures (*donna che piange*)

AREE ENDEMICHE	TRATTAMENTI	PROGRAMMI DI CONTROLLO
Asia, Africa, America	Albendazolo, mebendazolo	OMS, Children Without Worms, Deworm the World
Asia, Africa, America	Albendazolo, mebendazolo	OMS, Children Without Worms, Deworm the World
Asia, Africa, America	Albendazolo, mebendazolo	OMS, Children Without Worms, Deworm the World, Sabin Vaccine institute
Soprattutto in Africa, poi in Brasile, Asia orientale e Medio Oriente	Praziquantel	Schistosomiasis Control Initiative
Asia, Africa, America	Ivermectina, dietilcarbamazina	Programma globale per l'eliminazione della filariasi linfatica, Lymphatic Filariasis Support Center, Carter Center
Soprattutto in Africa, alcuni in America Latina	Ivermectina	Programma africano per il controllo dell'oncocercosi, Carter Center, Mectizan Donation Program
Asia, Africa, America	Azitromicina; strategia SAFE: chirurgia semplice, antibiotici, lavaggio del volto, ambiente (misure igienico-sanitarie)	International Tracoma Initiative, Carter Center, Helen Keller International, Sight Savers, Christian Blind Mission

Tre sono provocate da vermi parassiti, noti anche come elminti, che abitano nell'intestino. Il grande e comune ascaride, che causa l'ascaridiosi, colpisce 800 milioni di persone, mentre il tricocefalo, che provoca la trichiuriasi, riguarda 600 milioni di persone. Questi elminti sottraggono sostanze nutrienti ai bambini, bloccandone la crescita. Addirittura peggiori sono gli anchilostomi, che infettano 600 milioni di persone. Questi vermi lunghi poco più di un centimetro si attaccano alla parete interna dell'intestino tenue e succhiano il sangue, come sanguisughe. Nel giro di mesi o anni causano anemia sideropenica e malnutrizione proteica. I bambini con anemia cronica da anchilostomi hanno un aspetto malaticcio, il colorito giallastro e problemi di apprendimento. Più di 40 milioni di donne in gravidanza sono infettate anche da anchilostomi, che le rendono vulnerabili alla malaria o a perdite ematiche aggiuntive durante il parto. Inoltre, i loro figli hanno un peso più basso rispetto alla media al momento della nascita (si veda *L'infestazione da nematodi*, di Peter J. Hotez e David J. Pritchard, in «Le Scienze» n. 324, agosto 1995).

La successiva più diffusa è la schistosomiasi, causata da vermi platelminti, gli schistosomi, che vivono nelle vene, drenando intestino o vescica. Oltre il 90 per cento dei 200 milioni di casi noti riguarda l'Africa subsahariana, qualche altro milione riguarda il Brasile e diverse altre nazioni. Le femmine degli schistosomi liberano uova dotate di uncini che invadono e danneggiano gli organi, fra cui intestino e fegato o vescica e reni, a seconda della specie. Come conseguenza, ogni giorno circa 100 milioni di bambini in età scolare e di adulti perde sangue da urine o feci. L'infiammazione è dolorosa, provoca malnutrizione, arresto della cre-



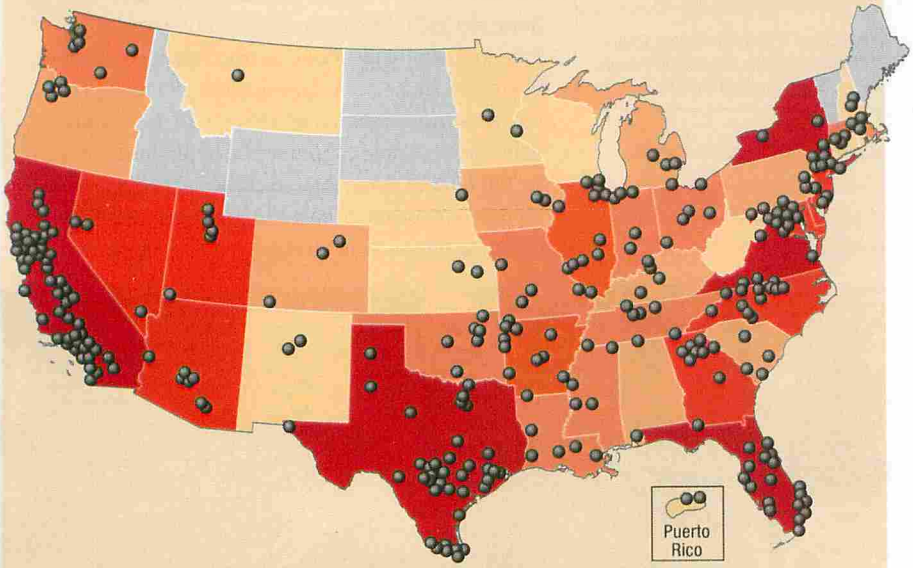
ELEFANTIASI (*in basso, ad Haiti*) e cecità (*a sinistra, in Etiopia*) sono due delle conseguenze più evidenti delle malattie tropicali dimenticate.

L'orrore delle cimici

Anche gli Stati Uniti hanno tassi elevati di malattie parassitarie che somigliano molto alle malattie tropicali dimenticate e sono caratteristiche soprattutto di aree molto povere. Riguardano quasi esclusivamente gli afroamericani e gli ispanoamericani, proprio perché una percentuale più elevata di queste popolazioni vive in condizioni di povertà e di stress. Secondo una stima, nel delta del Mississippi, nella Louisiana del dopo-Katrina, in altre aree del sud degli Stati Uniti e nelle città dell'interno ci sono tre milioni di afroamericani infetti o infettati in passato da un verme nematode che provoca la toxocariasi. Le uova di questo verme si trovano nel terreno o nella sabbia, attaccate alle feci dei cani, e possono contaminare il cibo. Le uova si schiudono nel tratto digestivo, e le larve che ne escono migrano attraverso polmoni, fegato e cervello, provocando rantoli, accessi di tosse e ritardo nello sviluppo. Un'altra infezione è la tricomoniasi, causata da un protozoo trasmesso per via sessuale che provoca infiammazione ed emorragie nella cervice uterina, aumentando il rischio di contrarre altre malattie sessualmente trasmissibili, forse anche l'HIV/AIDS.

Tra gli ispanoamericani, due importanti infezioni legate alla povertà sono la malattia di Chagas e la cisticercosi. La prima è causata dal tripanosoma, protozoo trasmesso alle persone dalla puntura di una cimice ematofaga, una specie di insetto (*nella foto in alto*) che spesso si trova in abitazioni fatiscenti dove vivono i ratti. I parassiti possono causare una grave dilatazione cardiaca che può risultare fatale. Si stima che ci siano circa 300.000 persone ammalate di morbo di Chagas. La cisticercosi è invece un'infezione da elminti che interessa almeno 170.000 persone ed è la causa principale di accessi di tosse in città vicine al Messico.

Molte di queste infezioni non sono arrivate negli Stati Uniti con l'immigrazione; è più probabile che persistano trasmettendosi all'interno dei confini. Nonostante la loro prevalenza, gli studi sono limitati. Gli ufficiali sanitari ignorano il numero di persone infettate o il motivo per cui la povertà è un fattore di rischio. Anche le tecniche diagnostiche e le cure sono abbastanza rudimentali.



DONATORI DI SANGUE POSITIVI AL TEST PER LA MALATTIA DI CHAGAS, 2007-2009

1-2 3-4 5-10 11-69 70-375 Dati non disponibili

Casi confermati

Fonte: AABB

SI STIMA CHE NEGLI STATI UNITI la malattia di Chagas colpisca 300.000 persone. Un'analisi del sangue donato, iniziata nel 2007, ha scoperto che i casi sono concentrati in aree dove vive un gran numero di immigrati dall'America Latina che vivono in condizioni peggiori rispetto alla media.

scita e anemia. Nelle donne, gli schistosomi depongono le uova nella cervice e nella vagina, provocando un dolore invalidante durante il rapporto sessuale e triplicando il rischio di contrarre l'AIDS (si veda *Piccoli vampiri*, di Patrick Skelly, in «Le Scienze» n. 479, luglio 2008).

Altre due importanti infezioni da elminti sono la filariasi linfatica e l'oncocercosi. I vermi che provocano la filariasi linfatica vivono negli arti, nel torace e nei genitali di 120 milioni di persone in Asia, Africa e Haiti. Provocano l'elefantiasi, una patologia deturpante che impedisce di lavorare e alle donne, in particolare, di sposarsi, o fa sì che i mariti le abbandonino. L'oncocercosi, o cecità dei fiumi, provoca una malattia cutanea caratterizzata da un terribile prurito, e cecità in età avanzata. Quasi tutti i 30-40 milioni di casi si registrano in Africa, a eccezione di alcune aree in America e Yemen.

La settima importante malattia di questo gruppo, il tracoma, non è causata da un verme ma dal batterio *Chlamydia trachomatis*. Visto che affligge da 60 a 80 milioni di persone è la principale causa infettiva di cecità (si veda *Possiamo fermare la clamidia?*, di David M. Ojcius, Toni Darville e Patrik M. Bavoil, in «Le Scienze» n. 452, aprile 2006).

Ho studiato le ripercussioni di queste sette malattie in una serie di articoli. Il danno sanitario globale, misurato come perdita di anni di vita in buono stato di salute a causa della disabilità, è quasi equivalente a quello dell'HIV/AIDS o della malaria. A causa del devastante impatto su istruzione e sviluppo dei bambini, sulla gravidanza e sulla produttività degli agricoltori, queste patologie sono la principale causa di povertà. Uno studio di Hoyt Bleakley, economista esperto di sviluppo, ha scoperto che l'infezione cronica da anchilostomi contratta da un individuo nell'infanzia riduce nel corso della vita la capacità di guadagno di oltre il 40 per cento. K.D. Ramaiah, in India, ha calcolato che la perdita annuale dovuta alla minore produttività dei lavoratori causata dalla filariasi linfatica ammonta a oltre 800 milioni di dollari. Altri studi sono pervenuti a stime simili per oncocercosi e tracoma.

Curare i malati col sale

La buona notizia è che queste malattie si possono curare, o addirittura prevenire, in modo semplice ed economico (*si veda il box a pp. 80-81*). In molti casi basta una pillola. I farmaci sono sicuri e ciascuno è fornito gratuitamente dalle case farmaceutiche o è disponibile come generico a basso prezzo: una pillola costa meno di dieci centesimi.

All'inizio del XX secolo John D. Rockefeller finanziò una campagna farmacologica di massa che eliminò gli elminti nel sud degli Stati Uniti, e ini-

Photo Researchers, Inc. (*cimice ematofaga*); Lucy Reading-Ikkanda (*mappa*)

ziative simili iniziarono anche nei Caraibi. Tra gli anni cinquanta e sessanta diversi medici specializzati in medicina tropicale avviarono programmi per altre infezioni e aree geografiche. Frank Hawking, il padre di Stephen Hawking, era uno di questi e nel 1967 pubblicò i risultati di uno studio condotto in Brasile in cui aveva trattato la filariasi linfatica aggiungendo dietilcarbamazina al sale da cucina. Nel 1988 la Merck avviò una delle prime iniziative pubblico-private per il trattamento di massa della cecità dei fiumi. Da allora sono state avviate diverse iniziative simili, che oggi raggiungono decine di milioni di persone ogni anno.

Grazie alla distribuzione di cure a bassissimo costo, queste iniziative – in collaborazione con OMS, Ministeri della Salute nei paesi poveri e diverse case farmaceutiche – hanno contenuto o eliminato la cecità dei fiumi in 11 paesi africani, consentendo agli agricoltori di tornare al lavoro che avevano abbandonato a causa degli elevati tassi di cecità registrati nelle loro comunità. In modo analogo, programmi mirati hanno eliminato la filariasi linfatica in più di 12 di paesi dove era endemica e hanno ridotto la prevalenza della schistosomiasi fino all'80 per cento in otto paesi africani. Calcolato accuratamente, il ritorno economico interno di questi programmi può essere stimato addirittura del 30 per cento circa.

Una pillola per tutte

Nonostante gli enormi successi, c'è ancora molta strada da fare per garantire una copertura farmacologia completa al miliardo di persone o più con malattie tropicali dimenticate. L'OMS stima che i programmi terapeutici raggiungano meno del dieci per cento dei malati di infezioni intestinali e schistosomiasi.

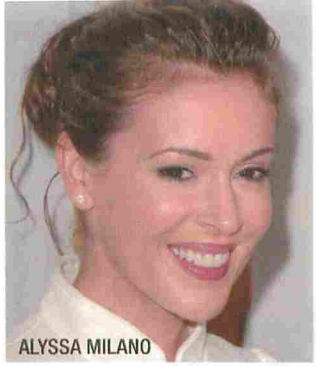
Parte della risposta riguarda un'organizzazione e una tecnologia migliori. L'OMS e altre organizzazioni hanno studiato la somministrazione simultanea di diversi farmaci contro le malattie tropicali dimenticate, e si stanno attivando per fornirli in una confezione unica che costa 50 centesimi l'anno. Un gran numero di paesi africani ha già iniziato a integrare programmi diversi, mirati a una sola malattia, in uno unico. Così si riducono i costi e la pressione su sistemi sanitari già sovraccarichi, e si possono pianificare altri interventi fra cui la distribuzione di zanzariere da letto contro la malaria, programmi di immunizzazione per l'infanzia e supplementi nutrizionali come la vitamina A.

Finora l'integrazione di programmi di controllo per queste malattie ha avuto successo, tuttavia ha anche incontrato alcune sfide operative, tra cui un aumento del carico di lavoro per i distributori di farmaci nelle comunità, la necessità di una sorveglianza costante per individuare segnali di resistenza ai farmaci e la scarsa disponibilità di alcuni farmaci in specifiche aree.

In definitiva, questi programmi di controllo avranno bisogno di più denaro. Negli ultimi anni il governo statunitense e quello britannico hanno destinato oltre 400 milioni di dollari al controllo integrato delle malattie tropicali dimenticate, ma le stime suggeriscono che per il controllo nei 56 paesi dove queste patologie sono endemiche ci vorranno 2-3 miliardi di dollari per i prossimi 5-7 anni. Per avere più *finanziamenti*, nel 2006 alcune delle principali iniziative si sono unite nel Global Network for Neglected Tropical Diseases, che collabora con l'OMS e i suoi uffici regionali. Ospitata dal Sabin Vaccine Institute, la rete riceve aiuti dalla Fondazione Gates e da altri privati, e sostiene i programmi terapeutici in tutto il mondo con attività di patrocinio, politiche sanitarie e interventi logistici.

Il Sabin Vaccine Institute ha anche istituito una partnership internazionale per lo sviluppo di nuovi vaccini contro le infezioni da anchilostomi e schistosomi. Attualmente un vaccino per gli anchilostomi sta per essere sperimentato in diversi trial clinici, una buona notizia che bilancia le preoccupazioni relative al fatto che uno dei farmaci usati nelle terapie di massa mostra elevati tassi di fallimento, indicando che il parassita è diventato resistente. Il Sabin Institute lavora con diversi istituti e con il governo brasiliano. Il Brasile registra il più grande numero di casi da infezioni elmintiche nel continente americano; queste malattie sono state introdotte dalle aree endemiche dell'Africa occidentale con la tratta degli schiavi.

Se combattere le malattie tropicali è semplice ed economico, perché c'è voluto tutto questo tempo per un'azione sistematica? La risposta non è semplice. I Millennium Development Goals lanciati nel 2000 per la riduzione della povertà includono le malattie tropicali dimenticate nella categoria «altre malattie», ed è difficile entusiasmare le persone su «altre malattie». Inoltre, esse debilitano in misura maggiore di quanto uccidano, quindi i paesi donatori si sono concentrati su HIV/AIDS, tubercolosi e malaria, che sono fatali in assenza di cura. Altri programmi di sviluppo, che le considerano come sintomi anziché come malattie, si sono concentrati su scarse misure igienico-sanitarie, mancanza di accesso ad acqua pulita e povertà in generale, fattori ritenuti alla base delle infezioni. Sono obiettivi lodevoli, ma la realtà empirica è che i farmaci per le malattie di cui abbiamo parlato sono l'unico strumento efficiente con cui migliorare subito salute, istruzione e benessere dei poveri della Terra. ■



ALYSSA MILANO

COME AIUTARE

Le malattie tropicali dimenticate rappresentano una sfida straordinaria, ma visto che le cure sono costano poco i singoli possono fare la differenza. Persone come Bill Clinton o l'attrice Alyssa Milano hanno offerto il proprio tempo e aiuto alla rete contro le malattie.

Un aiuto fattivo consiste nell'aderire alla campagna Just 50 Cents, pensata per la raccolta di fondi e la sensibilizzazione sul problema. Donando solo 50 centesimi di dollaro si forniscono per un anno a una persona cure per le sette malattie tropicali dimenticate più comuni. Per informazioni, visitate il sito: www.globalnetwork.org/just50cents.

Letture

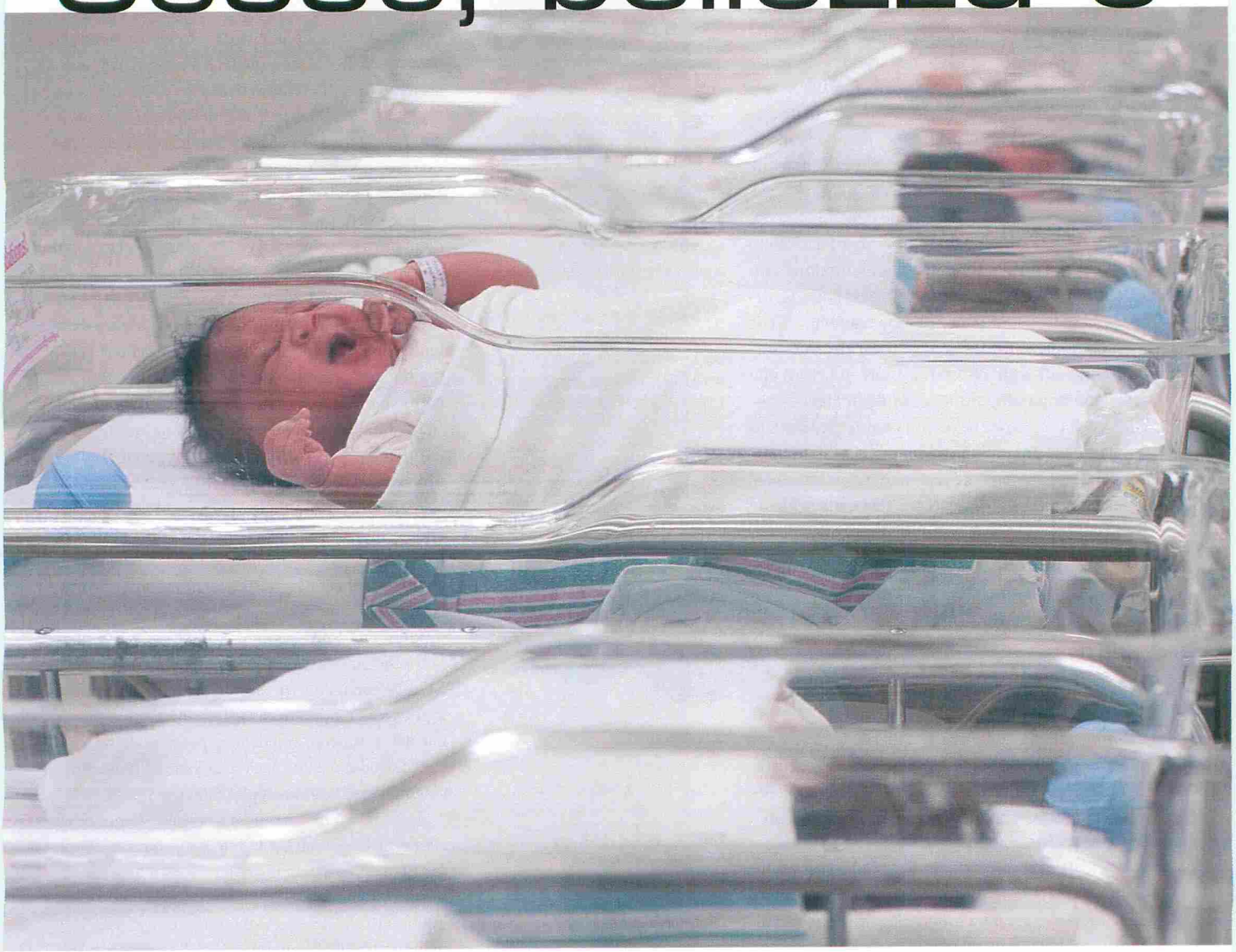
Control of Bancroftian Filariasis by Cooking Salt Medicated with Diethylcarbamazine. Hawking F. e Marques R.J., in «Bulletin of the World Health Organization», Vol. 37, n. 3, pp. 405-414, 1967. Disponibile su Internet: **www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2554262.**

Forgotten People, Forgotten Diseases: The Neglected Tropical Diseases and Their Impact on Global Health and Development. Hotez P.J., ASM Press, 2008.

Rescuing the Bottom Billion through Control of Neglected Tropical Diseases. Hotez P.J. e altri, in «The Lancet», Vol. 373, n. 9674, pp. 1570-1575, 2 maggio 2009. Disponibile su Internet: **tinyurl.com/yh5qbeq.**

Steve Granitz/Getty Images (*Milano*), Don Farrall/Getty Images (*monete*)

Sesso, bellezza e



ER Productions/Corbis

Nello studio di fenomeni sociali e biologici, la statistica va usata con cautela, per evitare conclusioni sbagliate

Negli ultimi anni Satoshi Kanazawa, professore di management e metodologia della ricerca alla London School of Economics, ha pubblicato una serie di articoli sul «Journal of Theoretical Biology» con titoli quali *I genitori alti e robusti hanno più figli maschi* (2005), *Gli uomini più violenti hanno più figli maschi* (2006), *Gli ingegneri hanno più figli maschi, le infermiere più femmine* (2005) e *I genitori belli hanno più figlie femmine* (2007). Più di recente, Kanazawa ha pubblicizzato alcune di queste tesi in un articolo intitolato *Dieci verità politicamente scorrette sulla natura umana* per la popolare rivista «Psychology Today», e in un libro scritto in collaborazione con Alan S. Miller, pubblicato in Italia con il titolo *Perché agli uomini piacciono le curve e le donne adorano i diamanti* (Edizioni Piemme, Milano, 2007).

È stato dimostrato però che le analisi statistiche delle sue tesi presentano gravi errori di base: in alcuni casi si controllano risultati intermedi nella stima di un effetto causale, in altri ci sono problemi di confronti multipli. Questi errori tecnici (che approfondiremo in seguito) producono risultati fuorvianti. In breve, i risultati di Kanazawa non sono significativi dal punto di vista statistico,

statistica

di Andrew Gelman e David Weakliem

e gli andamenti riscontrati possono essersi verificati per puro caso.

Se questa mancanza di significatività statistica fosse stata notata durante il processo di revisione, quasi certamente gli articoli non sarebbero stati pubblicati. Il fatto che invece siano stati pubblicati (e la visibilità che hanno ottenuto sui mezzi di comunicazione e in un libro di successo) pone un'interessante problema: che cosa dovremmo pensare riguardo risultati suggestivi ma non significativi dal punto di vista statistico? Una risposta immediata sarebbe quella di ignorarli: in fondo chiunque, grazie ad alcuni programmi statistici elementari, può esaminare le banche dati pubbliche alla ricerca di correlazioni che confermino un'ipotesi.

Ma questo modo di liberarsi del problema sarebbe un po' troppo facile, perché risultati non significativi possono però essere indicativi. Per esempio si potrebbe trovare che i genitori attraenti hanno il 5 per cento in più di probabilità di avere una figlia femmina rispetto ai genitori poco attraenti, ma con un errore standard del 4 per cento. Non è statisticamente significativo, ma dovendo indovinare se è più probabile che le femmine nascano dai genitori belli oppure da quelli brutti i dati suggerirebbero di scommettere sui primi.

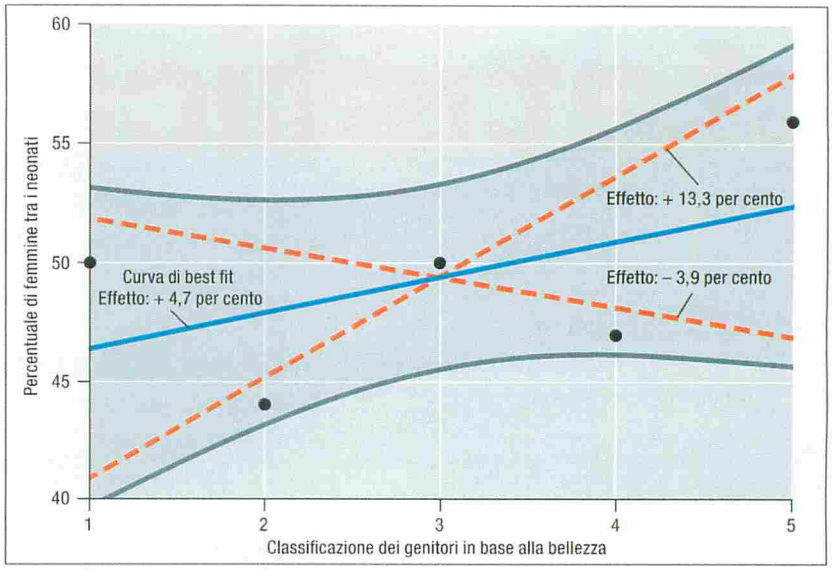
MASCHIO O FEMMINA?
Secondo studi recenti, genitori più attraenti hanno più probabilità di avere una figlia femmina rispetto a genitori meno attraenti. Analisi successive hanno però documentato deficienze metodologiche di questi studi, i cui risultati non sono, dunque, statisticamente significativi.

Ci sono altre buone ragioni per non liquidare le ipotesi di Kanazawa, anche se i risultati non sono significativi. A motivarli teoricamente, per esempio, è un modello che gode di ampio rispetto, proposto da Robert Trivers e Dan Willard in un classico lavoro del 1973. L'ipotesi di Trivers e Willard suggerisce che, se una caratteristica ereditabile è più vantaggiosa per figli di un sesso rispetto all'altro, i genitori con quella caratteristica avranno un numero relativamente più grande di figli del sesso avvantaggiato. Inoltre le ricerche hanno mostrato che le persone di bell'aspetto piacciono di più e godono di maggiore rispetto, e si è trovato anche che il sesso dei figli influenza gli atteggiamenti dei genitori: per esempio, su questioni che riguardano le donne i politici che hanno figlie femmine assumono posizioni più liberali rispetto a quelli che hanno figli maschi.

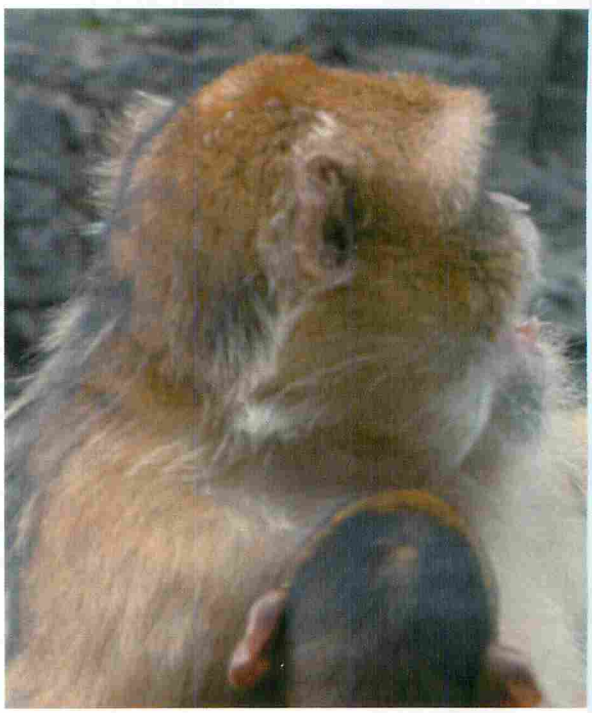
Questo articolo affronta soprattutto l'interpretazione di risultati non significativi, e tratta brevemente le distorsioni dei risultati ambigui veicolate dai mezzi di comunicazione. Se si pensa alle precisazioni e ai tecnicismi con cui gli statistici e i ricercatori sociali più scrupolosi argomentano le loro affermazioni, non c'è da sorprendersi del fatto che i giornalisti siano influenzati da chi magnifica e sopravvaluta i propri risultati. Uno dei motivi per cui è importante affrontare questo argomento è proprio che certi errori sistematici, come la sopravvalutazione delle dimensioni di effetti che in realtà sono molto modesti, possono fuorviare gli scienziati e, con loro, il grande pubblico.

In questo articolo, il termine «statisticamente significativo» è impiegato nel senso abituale, ovvero a significare che un valore stimato si allontana di almeno due volte il valore dell'errore standard da una certa «ipotesi zero», cioè da un valore in precedenza specificato che indicherebbe l'assenza dell'effetto cercato. Una stima non è statisticamente significativa se il valore osservato si può ragionevolmente spiegare con la semplice variazione casuale, un po' come può succedere in una serie di 20 lanci di una moneta in cui vengano fuori 8 teste e 12 croci; diremmo che questo risultato non è diverso, in misura statisticamente significativa, dal puro caso.

Per essere più precisi, la proporzione osservata delle teste è del 40 per cento, ma l'errore standard è dell'11 per cento. Il dato, quindi, si allontana dall'ipotesi zero (50 per cento) di meno del doppio dell'errore standard, ed è chiaro che il risultato potrebbe essere dovuto al caso. L'errore standard è una misura della variabilità di una stima, e diventa sempre più piccolo all'aumentare delle dimensioni del campione.



IL METODO FA LA DIFFERENZA. Considerando un campione di 2972 persone del National Longitudinal Study of Adolescent Health, ciascuna delle quali è stata valutata su una scala di bellezza da 1 a 5, Kanazawa ha confrontato il gruppo dei più attraenti con la media degli altri quattro gruppi. I suoi risultati hanno mostrato che le persone più attraenti hanno una probabilità più elevata di mettere al mondo una bambina come primogenito. Ma una metodologia più ortodossa determina la curva che meglio si adatta al complesso dei dati (*best fit*), con un errore standard calcolato in base alle dimensioni dello studio. Il classico intervallo di confidenza del 95 per cento rivela che tutti i valori dell'effetto compresi tra un minimo del – 3,9 per cento e un massimo del + 13,3 per cento sono compatibili con i dati di Kanazawa. Quindi la scoperta di un effetto del 4,7 per cento fornisce poche informazioni sull'associazione tra bellezza dei genitori e rapporto tra sessi alla nascita nella popolazione.



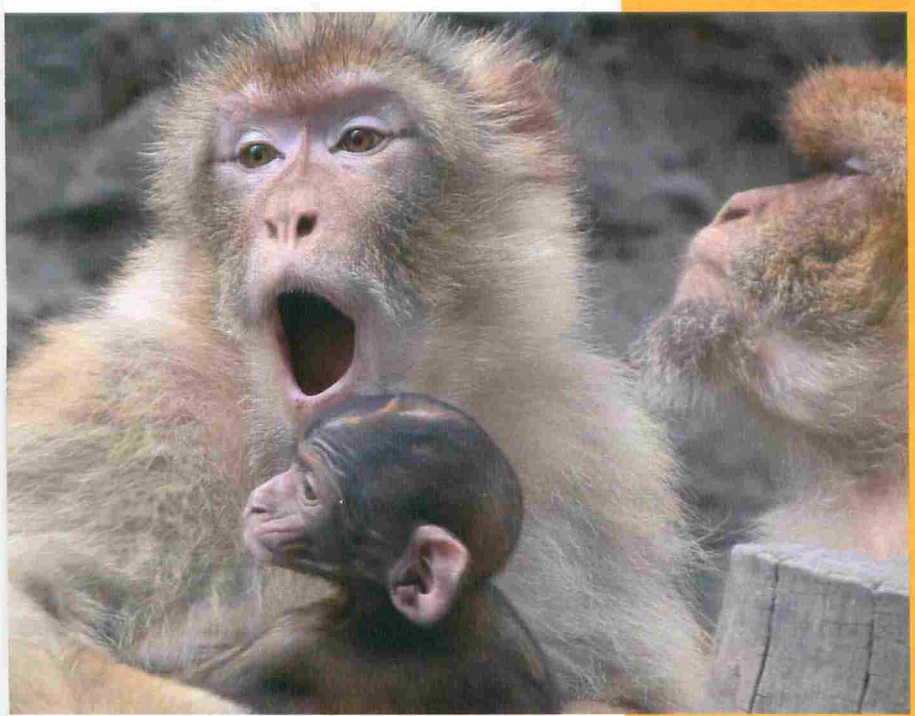
Due inferenze per piccoli effetti

Consideriamo l'analisi pubblicata da Kanazawa nel 2007 e basata su dati presi dal National Longitudinal Study of Adolescent Health (in breve Add Health), uno studio iniziato nel 1994 e operativo ancora oggi che monitora la salute fisica e psicologica di un campione rappresentativo di adolescenti statunitensi fino all'età adulta. Kanazawa ha concluso che i genitori belli hanno più figlie femmine. L'Add Health contiene una valutazione soggettiva, da parte degli intervistatori, della bellezza degli intervistati (su una scala da 1 a 5), e altri dati tra cui il sesso dei figli degli intervistati

Tom Dunne (*grafico*), Jiri Cvrk/iStockphoto (*berlucce*)

(se ne hanno). Per un gruppo composto da quasi 3000 genitori, Kanazawa ha riportato una differenza, statisticamente significativa, pari a 8 punti percentuali: la probabilità della nascita di una femmina era del 52 per cento per i genitori classificati nella categoria dei più attraenti, contro il 44 per cento della media delle altre quattro categorie. Però, come ha spiegato uno di noi (Gelman) in una lettera pubblicata sul «Journal of Theoretical Biology», il confronto tra la categoria dei più attraenti e le altre quattro messe insieme è solo uno dei molti confronti che si potrebbero fare con questi dati. Ecco il problema dei confronti multipli citato prima.

Ci troviamo in una situazione fin troppo comune: nei dati osserviamo uno schema che, nel gergo delle scienze sociali, è indicativo ma non significativo dal punto di vista statistico. Vale a dire uno schema che potrebbe essersi verificato per puro caso, ma che comunque dà qualche indicazione a favore del modello proposto.



LA VARIAZIONE DELLE BERTUCCE. Le femmine dominanti di bertuccia della specie *Macaca sylvanus* (*nella foto*) hanno più probabilità di partorire cuccioli maschi rispetto alle femmine non dominanti. Un fenomeno spiegato con l'ipotesi elaborata da Trivers e Willard.

Come statistici e come studiosi di scienze sociali, in che modo possiamo inquadrare il problema dei risultati «indicativi ma non significativi»? La chiave sarà ragionare sulle possibili dimensioni degli effetti: come discuteremo in seguito, in base alla letteratura scientifica è possibile che i genitori giudicati «belli» abbiano l'1 per cento in più di probabilità di avere una figlia femmina, ma è poco plausibile che la differenza con i genitori meno belli arrivi a essere dell'ordine del 5 per cento.

Partendo da questo esempio, consideriamo il modo in cui si può impostare il problema nei due paradigmi statistici più seguiti: l'inferenza classica, basata su ipotesi da testare e significatività statistica, e in cui l'informazione scientifica esterna è codificata in una famiglia di «ipotesi zero»; e l'inferenza bayesiana, in cui l'informazione esterna è codificata come «distribuzione a priori».

Prendendo i dati riportati nell'articolo di Kanazawa, abbiamo elaborato un'analisi standard che predice la probabilità della nascita di una femmina partendo dalla misurazione della bellezza. E abbiamo trovato che la probabilità dei genitori più attraenti di avere una femmina è più alta del 4,7 per cento, con un errore standard pari a 0,043, cioè al 4,3 per cento. Il problema quindi riguarda l'interpretazione di questo risultato, che è coerente con un'ipotesi preesistente ma non è significativo dal punto di vista statistico.

Anzitutto dobbiamo riconoscere che probabilmente gli effetti che stiamo studiando sono piccoli. C'è un'ampia letteratura sulle variazioni del rapporto fra i sessi alla nascita nella specie umana, e gli effetti riscontrati sono dell'ordine di un punto percentuale (per esempio, quando la probabilità che nasca una femmina passa dal 48,5 al 49,5 per cento). Le variazioni attribuibili a fattori come gruppo etnico, età dei genitori, ordine di nascita, peso della madre, stato coniugale e stagione in cui si verifica la nascita sono comprese, secondo le stime, tra lo 0,3 e il 2 per cento circa, e ma si registrano differenze più grandi (fino al 3 per cento) in condizioni di povertà e carestia.

Che l'estrema indigenza aumenti la proporzione di nascite femminili non è una sorpresa, visti gli attendibili risultati secondo cui in condizioni avverse i feti di sesso maschile (ma anche i bambini e gli adulti) hanno maggiori probabilità di morire rispetto a quelli di sesso femminile. In base al nostro esame della letteratura, possiamo attenderci che un eventuale effetto della bellezza sul rapporto tra sessi alla nascita sia inferiore all'1 per cento, valore che rappresenta la gamma delle variazioni naturali in condizioni normali.

Inferenza classica

Ritornando al nostro esempio di partenza: con una stima del 4,7 per cento e un errore standard del 4,3 per cento, il classico intervallo di confidenza al 95 per cento per la differenza nella probabilità di nascita di una figlia femmina confrontando genitori attraenti e non attraenti è compreso tra il −3,9 per cento e il 13,3 per cento. In altri termini, effetti pari al −3,9 per cento o al + 13,3 per cento sono grosso modo compatibili con i dati. Visto che

gli effetti che ci aspettiamo di osservare sono solo dell'ordine dell'1 per cento in più o in meno, da questo studio – in sostanza – non abbiamo appreso nulla di nuovo.

Un altro modo di inquadrare il problema è considerare che cosa accadrebbe se si facessero vari studi indipendenti con la stessa precisione, quindi più o meno con lo stesso errore standard del 4,3 per cento. Adottando un intervallo di confidenza del 95 per cento c'è una probabilità pari ad almeno il 5 per cento di ottenere un risultato statisticamente significativo, il che implicherebbe un valore stimato uguale o maggiore dell'8,4 per cento nell'una o nell'altra direzione. Se si eseguono più test, si aumenta la probabilità di trovare qualcosa di statisticamente significativo. In ogni caso, però, l'effetto stimato – non inferiore all'8,4 per cento – è molto maggiore di qualsiasi valore che possiamo realisticamente pensare di considerare per le dimensioni dell'effetto stesso.

Si tratta di un errore di «tipo M» (dove M sta per «magnitudo»): lo studio è costruito in modo che, nella quasi totalità dei casi, ogni risultato significativo che sovrastimerà pesantemente l'effetto reale. In più, ci potranno essere errori di «tipo S» («segno»), in cui l'effetto stimato avrà la direzione opposta rispetto a quello reale. Possiamo farci un'idea della probabilità di questi errori considerando tre possibili scenari per studi con un errore standard di 4,3 punti percentuali.

1. Differenza vera pari a zero

Se non c'è nessuna correlazione tra bellezza dei genitori e rapporto dei sessi dei figli, nel cinque per cento dei casi si otterrà un valore stimato significativo, che sarà sempre fuorviante.

2. Differenza vera pari allo 0,3 per cento

Se i genitori più attraenti hanno effettivamente lo 0,3 per cento in più di probabilità di avere una femmina rispetto a genitori meno attraenti, c'è una probabilità del 3 per cento di osservare un risultato positivo statisticamente significativo, e una probabilità del 2 per cento di osservare un risultato negativo statisticamente significativo. In entrambi i casi l'effetto stimato, pari ad almeno 8,4 punti percentuali, sarà di oltre un ordine di grandezza più grande di quello vero, e avrà 2 probabilità su 5 di andare nella direzione sbagliata. Se il risultato non è statisticamente significativo, la probabilità che la stima indichi la direzione sbagliata (errore di tipo S) è del 47,5 per cento, così vicino al 50 per cento che la direzione del valore stimato non fornisce quasi nessuna informazione sul segno dell'effetto reale.

3. Differenza vera pari all'1 per cento

Se la probabilità effettiva che nasca una femmina è dell'1 per cento più alta per i genitori più attraenti rispetto a quelli meno attraenti – che, in base alla letteratura, si troverebbe all'estremo superiore della possibile grandezza dell'effetto – allora c'è una probabilità del 4 per cento di ottenere un risultato positivo statisticamente significativo. Tuttavia c'è ancora una probabilità superiore all'1 per cento di ottenere un risultato statisticamente significativo nella direzione sbagliata; nel complesso, la probabilità di un errore di tipo S è del 40 per cento; di nuovo, il valore stimato ci dà poche informazioni sia sul segno sia sulla grandezza dell'effetto vero.

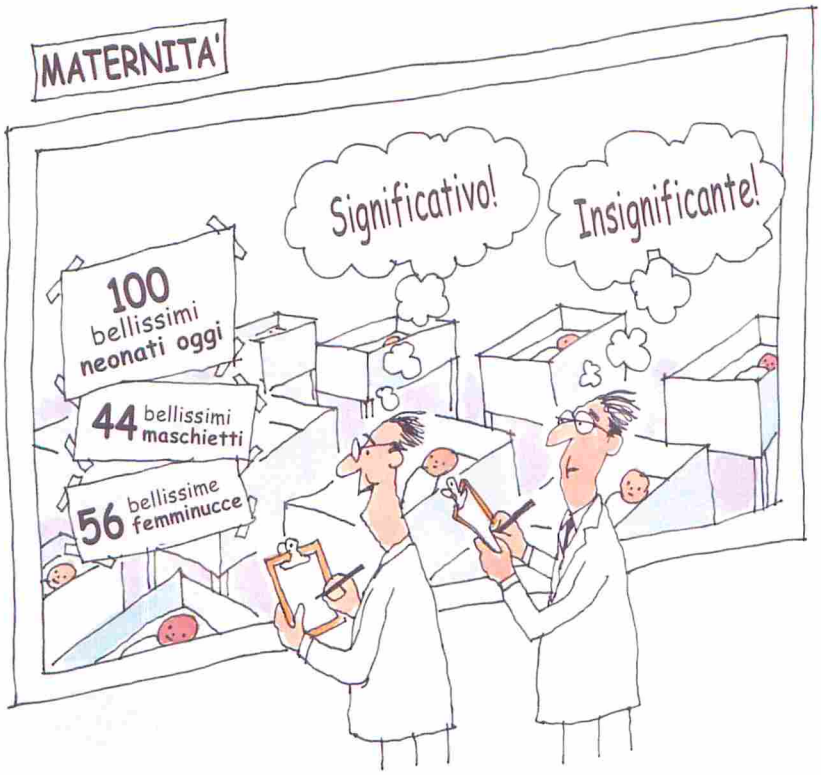
4. Differenza vera uguale al 3 per cento

Se la differenza vera avesse un valore pari addirittura al 3 per cento, eventualità non plausibile sulla base di un esame della letteratura, la probabilità di ottenere un risultato statisticamente significativo sarebbe solo del 10 per cento, e il tasso di errori di tipo S sarebbe del 24 per cento.

Uno studio di queste dimensioni, quindi, non può essere fruttuoso se si stimano variazioni dell'ordine di uno o pochi punti percentuali. Questa è una delle ragioni per cui gli studi validi del rapporto tra i sessi alla nascita usano campioni estremamente più grandi, in genere ricavati da banche dati demografiche, grazie alle quali la dimensione dei campioni può essere dell'ordine di milioni di persone.

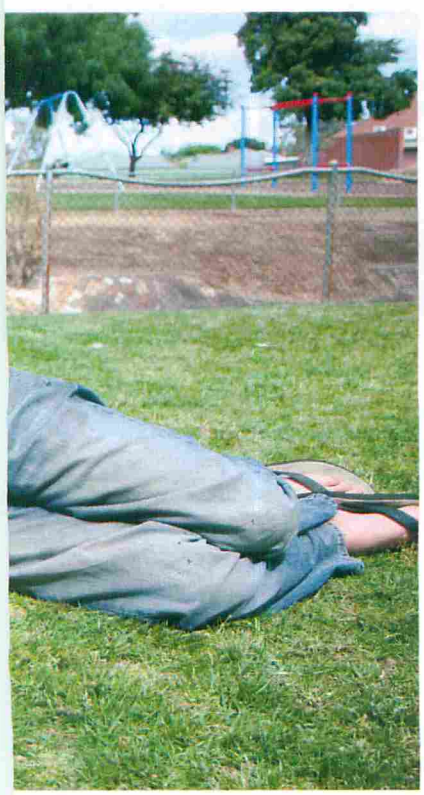
PROBABILMENTE È MASCHIO. I dati demografici globali mostrano che ogni 100 femminucce nascono 105 maschietti. Con il crescere dell'età della popolazione, questo rapporto tra i sessi può variare nei diversi paesi, anche in modo accentuato, in funzione di politiche sociali e fattori ambientali o economici che favoriscano uno dei due sessi.

Anne Clark/iStockphoto



Tom Dunne

COSÌ È, SE VI PARE. I risultati della statistica non sono «nell'occhio di chi guarda», ma richiedono una consapevolezza delle modalità del ragionamento statistico. L'incertezza è inevitabile, ed è riassunta da una distribuzione di probabilità. Infatti 56 è decisamente più grande di 44, ma un rapporto di 56 femminucce contro 44 maschietti può benissimo verificarsi per caso in qualsiasi reparto di maternità.



Inferenza bayesiana

È anche possibile ripetere l'analisi dei dati di Kanazawa usando una distribuzione a priori bayesiana. Nell'inferenza bayesiana la distribuzione a priori rappresenta l'informazione che riguarda un problema e che proviene da fonti esterne ai dati. Una distribuzione a priori diffusa non dà praticamente nessuna informazione, a eccezione dei dati considerati. Per cominciare, se una distribuzione a priori è sufficientemente diffusa, la distribuzione a posteriori sarà approssimativamente normale con una media del 4,7 per cento e un errore standard del 4,3 per cento, il che implica una probabilità dell'86 per cento circa che l'effetto vero abbia segno positivo. In generale, più la distribuzione a priori è concentrata intorno allo zero (il che equivale a presumere, in base alla letteratura relativa al rapporto tra sessi, che probabilmente l'effetto vero debba essere piccolo), più la probabilità a posteriori risulterà vicina al 50 per cento.

Si consideri per esempio una distribuzione a campana centrata sullo zero e con una forma per cui la differenza vera nella percentuale delle femmine, nel caso di confronto tra genitori belli e genitori brutti, abbia probabilità massima di essere zero, una probabilità del 50 per cento di trovarsi nell'intervallo compreso tra – 0,3 e + 0,3 per cento, una probabilità del 90 per cento di trovarsi nell'intervallo tra – 1 e + 1 per cento e una probabilità del 94 per cento che il suo valore assoluto sia inferiore al 3 per cento. La distribuzione a priori è centrata sullo zero perché, prima dell'analisi, non abbiamo motivo di credere che, in un confronto tra genitori belli e brutti nella popolazione generale, la differenza vera nella probabilità di avere una femmina debba essere di segno positivo o negativo.

Il passo successivo consiste nel calcolare la probabilità di diverse grandezze dell'effetto, vista la distribuzione a priori e i dati in esame. In breve, la distribuzione a posteriori che ne risulta dà una probabilità che la differenza sia positiva – cioè che i genitori belli mettano effettivamente al mondo un maggior numero di figlie femmine – del 58 per cento; e anche se l'effetto è positivo c'è una probabilità del 78 per cento che sia inferiore a un punto percentuale. Questa analisi dipende dalla distribuzione a priori, ma non in modo assoluto; se per esempio allarghiamo la curva di distribuzione, aumentando l'intervallo di inclusione dei valori estremi, la probabilità a posteriori che la differenza vera sia positiva continua a essere solo del 65 per cento. Il passaggio dall'una all'altra famiglia di curve di distribuzione ha un effetto molto limitato sui risultati. Il punto chiave è che probabilmente gli effetti sono piccoli, e i dati sono appunto coerenti con bassi valori dei risultati.

Un'incertezza riconosciuta che si possa riassumere in una distribuzione di probabilità sarebbe l'ideale per capire scientificamente una grandezza quantitativa (in questo caso la correlazione tra la bellezza dei genitori e il genere dei figli alla nascita). I ricercatori possono raccogliere dati o analizzare creativamente dati già presenti (come ha fatto Kanazawa) e pubblicare i risultati. Poi occasionalmente si possono fare meta-analisi per riesaminare i risultati. Questo procedimento attenua la variazione intrinseca a questo tipo di studi, che considerano campioni di dimensioni ridotte, in cui la probabilità di un risultato positivo può aumentare, da uno studio all'altro, dal 50 al 58 per cento, per poi magari diminuire al 38 per cento nello studio seguente e così via.

I più belli del mondo

Un modo per calibrare meglio le nostre opinioni sui risultati di Kanazawa è raccogliere qualche dato in più. Ogni anno la rivista «People» pubblica la sua lista delle 50 persone più belle del mondo. Visto che si tratta di gente celebre, non è difficile verificare di che sesso siano i figli, ed è quel-

lo che abbiamo fatto, per gli anni compresi tra il 1995 e il 2000. I dati sono stati ottenuti da Wikipedia, dall'Internet Movie Database e dalle pagine web personali delle celebrità considerate, stabilendo come data limite l'agosto 2007. Mancano informazioni su due di queste celebrità per il 1995, due per il 1996, tre per il 1997, sei per il 1998, tre per il 1999 e due per il 2000. L'insieme dei dati è disponibile all'indirizzo web http://www.stat.columbia.edu/~gelman/research/beautiful/.

Fino al 2007, le 50 persone più belle del 1995 avevano avuto 32 figlie femmine e 24 figli maschi, quindi il 57,1 per cento di femmine, che supera di 8,6 punti percentuali la frequenza di femmine registrata nella popolazione, pari al 48,5 per cento. Sembra proprio una buona notizia per l'ipotesi di Kanazawa. Ma l'errore standard è uguale a $0{,}5/\sqrt{(32 + 24)} = 6{,}7$ per cento, quindi la discrepanza non è significativa dal punto di vista statistico. Ci servono più dati.

Le 50 persone più belle del 1996 hanno avuto 45 figlie femmine e 35 maschi: il 56,2 per cento di femmine, cioè il 7,8 per cento in più rispetto alla popolazione generale. Benissimo! Se combiniamo i dati con quelli del 1995 otteniamo il 56,6 per cento di femmine – 8,1 per cento in più di quanto atteso – con un errore standard del 4,3 per cento: siamo quasi arrivati alla significatività statistica! Continuiamo a cercare conferme all'ipotesi.

Le 50 persone più belle del 1997 hanno avuto 24 figlie femmine e 35 maschi. Questo dato va nella direzione sbagliata, ma procediamo. Per il 1998 troviamo 21 femmine e 25 maschi, per il 1999 abbiamo 23 femmine e 30 maschi, e la classe del 2000 ha avuto 29 femmine e 25 maschi. Considerando tutti insieme i sei anni ed eliminando le duplicazioni per le celebrità presenti più di una volta, per esempio Brad Pitt, le persone considerate le più belle da «People» tra il 1995 e il 2000 hanno avuto 157 figlie su un totale di 329 bambini, vale a dire che le femmine sono il 47,7 per cento (con un errore standard del 2,8 per cento). Questa percentuale è più bassa dello 0,8 per cento rispetto alla percentuale registrata nella popolazione, una differenza non significativa dal punto di vista statistico.

Insomma, non sta succedendo nulla di particolarmente interessante. Se però gli effetti non significativi fossero considerati accettabili, con i dati più recenti delle «persone più belle del mondo» potremmo pubblicare uno studio ogni due anni.

Perché è importante

Perché stiamo perdendo tempo a discutere su articoli viziati da errori statistici che sembrano sfuggiti all'attenzione dei revisori di una rivista

PIÙ BELLI, PIÙ FEMMINE?
Gli autori hanno studiato il rapporto tra sessi alla nascita nel caso dei figli delle persone più belle del mondo scelte dalla rivista «People» tra il 1995 e il 2000. I fiocchi rosa sono passati subito in testa, con 32 femmine e 24 maschi nati nel 1995. E sono rimasti in testa anche nel 1996. All'aumentare delle dimensioni del campione, però, il rapporto ha finito per convergere al valore registrato nella popolazione generale. Le nascite totali nell'arco di tempo considerato hanno registrato 157 femmine e 172 maschi, cioè con il 47,7 per cento di femmine, un valore molto vicino a 48,5 per cento, riscontrato nella popolazione in generale. (Il numero delle nascite non coincide con la somma dei figli perché alcune personalità sono rientrate nella classifica più volte.)

Tom Dunne (*illustrazione*);
Francois Mori/AP Photo/LaPresse (*Brad Pitt e Angelina Jolie*)

scientifica? Abbiamo due motivi per farlo. Anzitutto, come spiegheremo più avanti, queste difficoltà di natura statistica si presentano ogni volta che si ha a che fare con risultati che suggeriscono determinate conclusioni, le quali però non sono significative. Inoltre, e di questo discuteremo subito, la struttura alla base della pubblicazione dei dati scientifici e l'attenzione dei mezzi di comunicazione sembrano produrre effetti distorsivi sulla ricerca nel campo delle scienze sociali.

Prima di arrivare su una rivista popolare come «Psychology Today» e su libri per il grande pubblico, i risultati di Kanazawa avevano ottenuto no-

tevole attenzione sui mezzi di informazione. Per esempio il popolare blog Freakonomics ha riportato quanto segue:

> Un nuovo studio di Satoshi Kanazawa, psicologo evoluzionista della London School of Economics, suggerisce che [...] le belle donne sono più numerose degli uomini attraenti. Perché? Kanazawa sostiene che i genitori di bell'aspetto hanno il 36 per cento in più di probabilità di avere una figlia femmina rispetto a un maschio, il che fa pensare, dal punto di vista evoluzionistico, che la bellezza sia un tratto più vantaggioso per le donne che per gli uomini. Lo studio è stato condotto su dati relativi a 3000 statunitensi, ottenuti dal National Longitudinal Study of Adolescent Health, ed è stato pubblicato sul «Journal of Theoretical Biology».

La pubblicazione in una rivista soggetta a *peer-review* sembra aver eliminato ogni scetticismo, il che è degno di nota, visto che anche gli autori di Freakonomics sono qualificati per valutare le ricerche nel campo delle scienze sociali.

Per di più, a forza di essere comunicato, l'effetto stimato è diventato sempre più cospicuo. Come abbiamo notato prima, una differenza del 4,7 per cento nei dati (priva di significatività statistica) è diventata dell'8 per cento grazie alla scelta di Kanazawa di fare il confronto che presentava la differenza più alta (il gruppo dei più attraenti contro la media dei quattro gruppi degli individui meno attraenti), poi è salito al 26 per cento quando è stato riferito come coefficiente di regressione logistica, ed è ulteriormente balzato al 36 per cento per motivi ignoti (forse un errore di stampa in un articolo giornalistico). La cosa buffa è che per noi quel 36 per cento è stato un segnale immediato del fatto che c'era qualcosa che non andava, visto che era da 10 a 100 volte più grande di tutti gli effetti sul rapporto tra sessi alla nascita riportati nella letteratura scientifica.

Nel leggere valori stimati tanto alti, la nostra reazione, non è stata «Accidenti, hanno davvero trovato qualcosa di grosso!». È stata invece: «Accidenti, la potenza di questo studio è insufficiente!». In statistica, il termine «potenza» si riferisce alla probabilità che ha uno studio di trovare un effetto statisticamente significativo nel caso in cui questo effetto esista realmente. Data una certa dimensione dell'effetto vero, gli studi che usano campioni più numerosi hanno potenza maggiore. Come abbiamo discusso in questo articolo, gli studi con potenza insufficiente hanno poche probabilità di arrivare alla significatività statistica e, fattore forse ancora più importante, sopravvalutano in modo clamoroso le dimensioni degli effetti stimati. Per dirlo in modo semplice, il rumore è più forte del segnale.

Questo problema continua a ripresentarsi sempre più spesso, ed è il caso di iniziare a pensarci. Tanto per cominciare, è presumibile che la maggior parte dei risultati più facili da ottenere nel campo della ricerca sociale siano già stati ottenuti. Quindi ai ricercatori restano da studiare gli effetti di piccole dimensioni. Il rapporto tra sessi alla nascita ha un interesse intrinseco per tutti quelli che hanno o vogliono avere figli, e anche per le sue implicazioni per l'organizzazione della società. Già il fatto che sia Miller sia Kanazawa abbiano presentato i loro risultati come «verità politicamente scorrette» suggerisce il collegamento con questioni vivacemente dibattute, quali l'aborto, le politiche relative ai congedi parentali e le leggi sulla parità retributiva, che ruotano attorno al giudizio dei ruoli sociali più appropriati per gli uomini e le donne.

Come discusso in precedenza, gli studi con potenza statistica insufficiente producono risultati casuali che occasionalmente saranno significativi dal punto di vista statistico, e ancora più spesso saranno indicativi, come è accaduto per gli studi di Kanazawa riguardanti nascite e bellezza. È forte la tentazione di interpretare la direzione di questi risultati, sostanzialmente casuali, senza riconoscere la fragilità delle spiegazioni che possiamo costruire.

La psicologia evoluzionistica potrebbe essere usata anche per spiegare un risultato nella direzione opposta, con un ragionamento di questo tipo: si potrebbe sostenere che le persone giudicate belle hanno maggiore probabilità di essere sane e benestanti e di appartenere a gruppi etnici dominanti, e più in generale di presentare tratti giudicati positivi dalla società. (Si considerino, per esempio, le ragazze elette miss America, che fino a qualche decina d'anni fa sono sempre state bianche.) Questi gruppi hanno maggiori probabilità di esercitare il potere, tratto che, come sostengono alcuni con argomenti di tipo sociobiologico, è più vantaggioso per gli uomini rispetto alle donne. Quindi sarebbe naturale per i genitori più attraenti avere più figli maschi che figlie femmine.

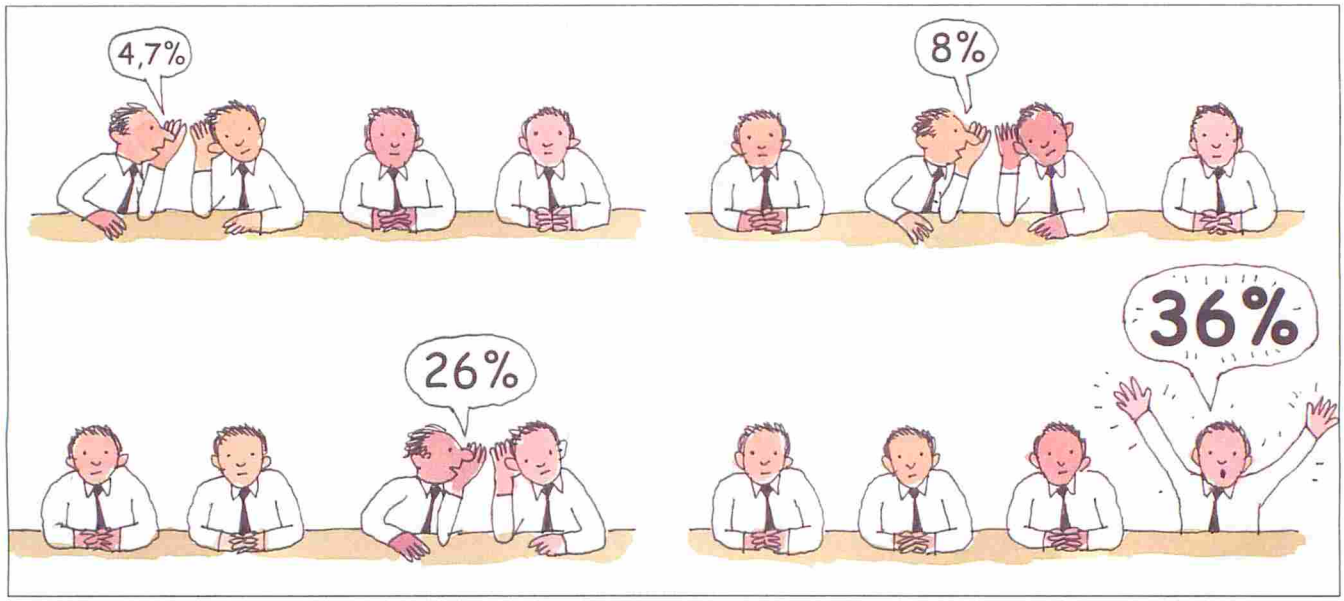
Ovviamente, non stiamo sostenendo che questo sia vero; stiamo semplicemente osservando che si potrebbero trovare ragioni per sostenere sia l'una sia l'altra tesi, il che accresce ancora di più il carico di responsabilità che pesa sull'analisi dei dati. La capacità di questa teoria di spiegare i risultati in qualunque direzione vadano è stata sottolineata nel 2007 da Jeremy Freese nell'«Ame-

CAMPIONE STATISTICO. Brad Pitt e Angelina Jolie hanno fatto parte del campione di individui analizzato dagli autori dell'articolo per confutare la tesi di Kanazawa secondo cui le persone più belle hanno più probabilità di avere figlie femmine.

GLI AUTORI

ANDREW GELMAN è professore al Dipartimento di statistica e al Dipartimento di scienze politiche della Columbia University di New York. DAVID WEAKLIEM è professore al Dipartimento di sociologia dell'Università del Connecticut.

Gli autori ringraziano Kelly Rader e Lucy Robinson per la raccolta e l'analisi dei dati. L'originale di questo articolo è stato pubblicato su «American Scientist» di luglio-agosto 2009.

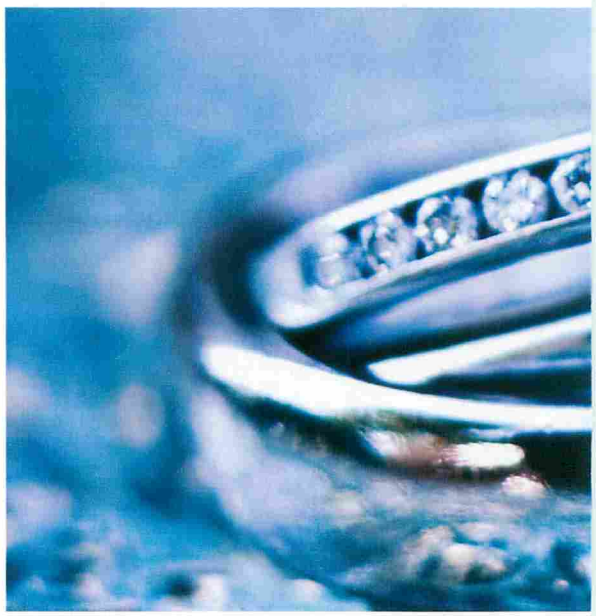


LA MOLTIPLICAZIONE DEGLI EFFETTI. «Un'analisi statistica, condotta nel modo appropriato, è una delicata dissezione di una serie di incertezze», scriveva M.J. Moroney nel libro *Facts from Figures*, pubblicato nel 1951. Il suo commento è specialmente valido quando gli effetti di cui si tratta sono piccoli. Può avvenire che risultati casuali siano erroneamente interpretati come significativi, e che i revisori trascurino i problemi metodologici. E infine che il passaparola trasformi i risultati originali, ingigantendoli a dismisura quando arrivano sui mezzi d'informazione.

rican Journal of Sociology», che ha definito questo genere di argomenti come «"vampirici, più che empirici": impossibili da uccidere con le sole prove scientifiche».

In statistica, è impossibile provare le affermazioni negative. «I genitori più belli hanno più figlie femmine» è un titolo efficace; ma, come titolo, un'affermazione più sensata attirerebbe meno attenzione: «Non esistono solide prove sul fatto che i genitori più belli abbiano probabilità più grandi o più piccole di avere figlie femmine». Il risultato è che la discussione pubblica rischia di essere ricca di affermazioni non provate, che potrebbero condurre a un generale scetticismo. A sua volta questo scetticismo, un po' come nella favola del pastorello che gridava «Al lupo! Al lupo!», può screditare ricerche che invece sono più convincenti.

Il risultato è una specie di guerra asimmetrica, in cui i proponenti delle differenze fra i sessi o di altri risultati «politicamente scorretti» producono una lunga serie di lavori empirici che, per ragioni di potenza statistica inadeguata, forniscono indicazioni essenzialmente casuali sugli andamenti nella popolazione. Gli oppositori di queste linee di ricerca si trovano ridotti ad affermazioni come «i dati sono insufficienti». L'articolo di Freakonomics citato prima si concludeva così: «È un bene che Kanazawa sia solo un ricercatore e non, per esempio, il rettore di Harvard. Se lo fosse, le sue ultime scoperte sugli scienziati avrebbero potuto farlo licenziare». Eppure dovrebbe essere possibile criticare certe tesi che non sono affatto dimostrate e tuttavia sono proposte nel campo della biologia e in quello delle scienze sociali, senza però dover buttare via l'intera impresa scientifica.



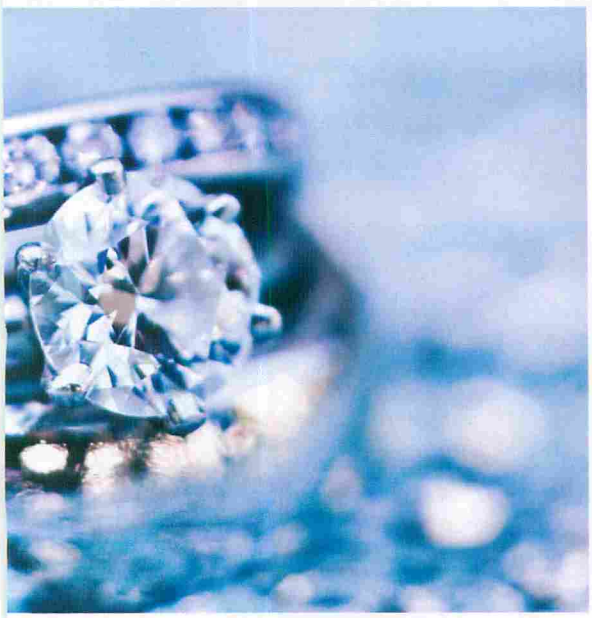
Tom Dunne (*illustrazione*), Image Source/Corbis (*donna*)

Perché non è ovvio

La reazione naturale di buon ricercatore, abituato a lavorare in campi che comportano la valutazione di dati quantitativi, che dovesse leggere le considerazioni statistiche di questo articolo, sarà probabilmente qualcosa di simile a: «Bah!». Ma perché, se tutto ciò è così ovvio, il risultato di questo errore è stato la pubblicazione non di uno ma di diversi lavori sul «Journal of Theoretical Biology», una pubblicazione autorevole e con un rispettabile *impact factor* pari a 2,3 (maggiore di quelli dei tre più importanti periodici di statistica, «Journal of the American Statistical Association», «Annals of Statistics» e «Journal of the Royal Statistical Society»)?

Uno dei problemi, naturalmente, è che i revisori sono molto occupati e gli errori statistici possono essere sottili, e sfuggono facilmente. Ma un altro problema è la confusione sul rapporto tra significatività statistica e dimensioni del campione. È noto che con un campione sufficientemente grande è quasi sempre possibile trovare effetti statisticamente significativi, anche se piccoli. Meno diffusa invece è la consapevolezza del fatto che quando gli effetti sono davvero piccoli ha poco senso cercare di trovarli con studi di potenza non sufficiente.

Non sono problemi nuovi, neppure nel campo del rapporto tra sessi alla nascita. Per esempio in un libro del 1957 che reca lo sfortunato titolo *Probability, Statistics, and Truth* (cioè «Probabilità, statistica e verità»), Richard von Mises studiò il rapporto tra i sessi nelle nascite registrare durante i 24 mesi del biennio 1907-1908 a Vienna, e trovò



che la variazione era più piccola rispetto a quanto ci si poteva attendere a opera del puro caso. Von Mises attribuì il fenomeno a differenze nel rapporto tra i sessi nei diversi gruppi etnici. In realtà però la varianza era più piccola rispetto a quella dovuta al caso, ma non in misura significativa dal punto di vista statistico. Pare proprio che negli esseri umani ci sia un forte desiderio di trovare qualcosa in più del caso nel rapporto tra i sessi, anche se in realtà non c'è alcuna prova convincente del fatto che questo rapporto vari sensibilmente, a eccezione di circostanze straordinarie.

Realisticamente, un ricercatore che si occupi del rapporto tra i sessi alla nascita deve essere in grado di sostenere due argomentazioni: un'analisi statistica secondo cui gli andamenti osservati rappresentano effetti reali sulla popolazione che non si possono spiegare con la semplice variabilità del campionamento; e una tesi di carattere biologico con cui spiegare perché effetti dell'ordine dell'uno per cento siano concretamente importanti.

Un valore elevato, come il 26 per cento per l'effetto di cui si sosteneva l'esistenza, avrebbe dovuto far sorgere qualche sospetto, se confrontato con i valori riportati nella letteratura scientifica sul rapporto tra sessi alla nascita. In più, quei lavori sono usciti indenni dal processo di revisione perché i revisori non hanno notato un fatto fondamentale: gli studi avevano una potenza per cui gli unici effetti stimati in grado di superare il filtro della significatività statistica erano quelli di grandi dimensioni. Il risultato è essenzialmente un meccanismo per la produzione di tesi esagerate, che poi ovviamente diventano ancora più esagerate quando incontrano la credulità dei mezzi di informazione (con una stima del 4,7 per cento ± 4,3 per cento gonfiata al 26 per cento e poi riportata come 36 per cento).

Gli statistici dovrebbero prendersi parte della responsabilità. I loro libri spiegano abbastanza chiaramente i concetti di significatività e potenza statistica, ma non offrono grandi indicazioni sul da farsi quando da piccoli campioni si ottengono valori stimati troppo elevati per essere plausibili. I classici procedimenti di calcolo della significatività non fanno uso delle conoscenze a priori delle dimensioni degli effetti, e spesso le analisi bayesiane non sono molto migliori. Il trattamento dell'inferenza bayesiana che si trova nei libri di testo fa quasi sempre uso di distribuzioni a priori che non danno informazioni e ignora, essenzialmente, le questioni di potenza statistica. Al contrario, il calcolo della potenza è comunemente usato nella progettazione degli studi (per indicare quanto debbano essere ampi), ma solo di rado per fare luce sull'analisi dei dati. Concetti teorici come quelli di errore di tipo S ed errore di tipo M non sono stati integrati nella pratica statistica.

La soluzione alle difficoltà di comunicazione della statistica è uno scambio più aperto di metodi e di idee. Ma a quanto pare servirebbe anche più trasparenza: per esempio sembrerebbe che «Psychology Today» non abbia notato le critiche ai risultati di Kanazawa pubblicate sul «Journal of Theoretical Biology», e neppure le numerose altre critiche metodologiche pubblicate sulle riviste di sociologia. Speriamo che una conoscenza più sistematica della stima di piccoli effetti possa offrire una cornice più chiara, per una comunicazione senza barriere. ■

Letture

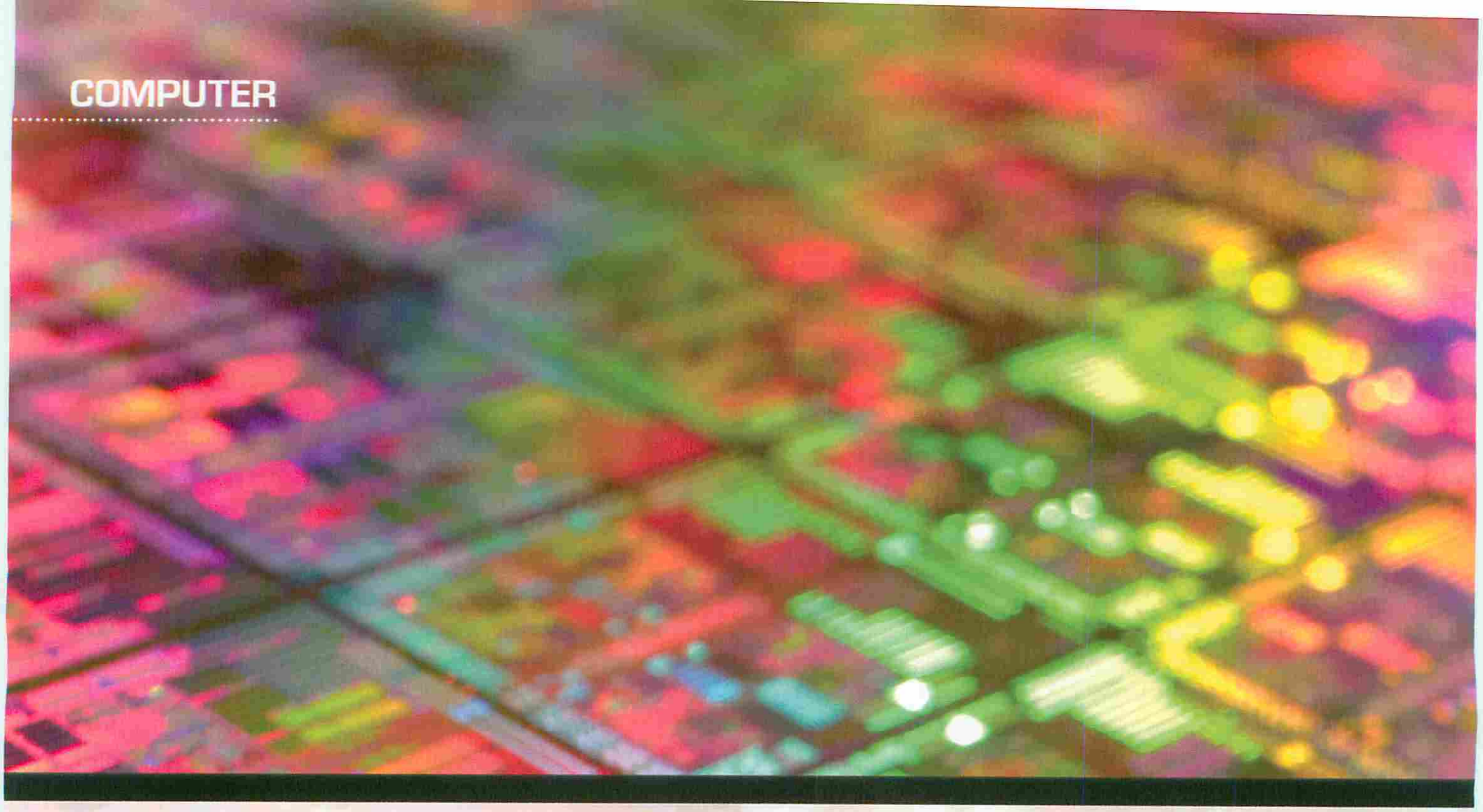
Trivers-Willard at Birth and One Year: Evidence from U.S. Natality Data 1983-2001. Almond D. ed Edlund L., in «Proceedings of the Royal Society B», Vol. 274, pp. 2491-2496, 7 ottobre 2007.

Should Attractive Males Have More Sons? Fawcett T. W., Kuijper B., Pen I. e Weissing F.J., in «Behavioral Ecology», Vol. 18, pp. 71-80, 2007.

Beautiful Parents Have More Daughters: a Further Implication of the Generalized Trivers-Willard Hypothesis. Kanazawa S., in «Journal of Theoretical Biology», Vol. 244 pp. 133-140, 2007.

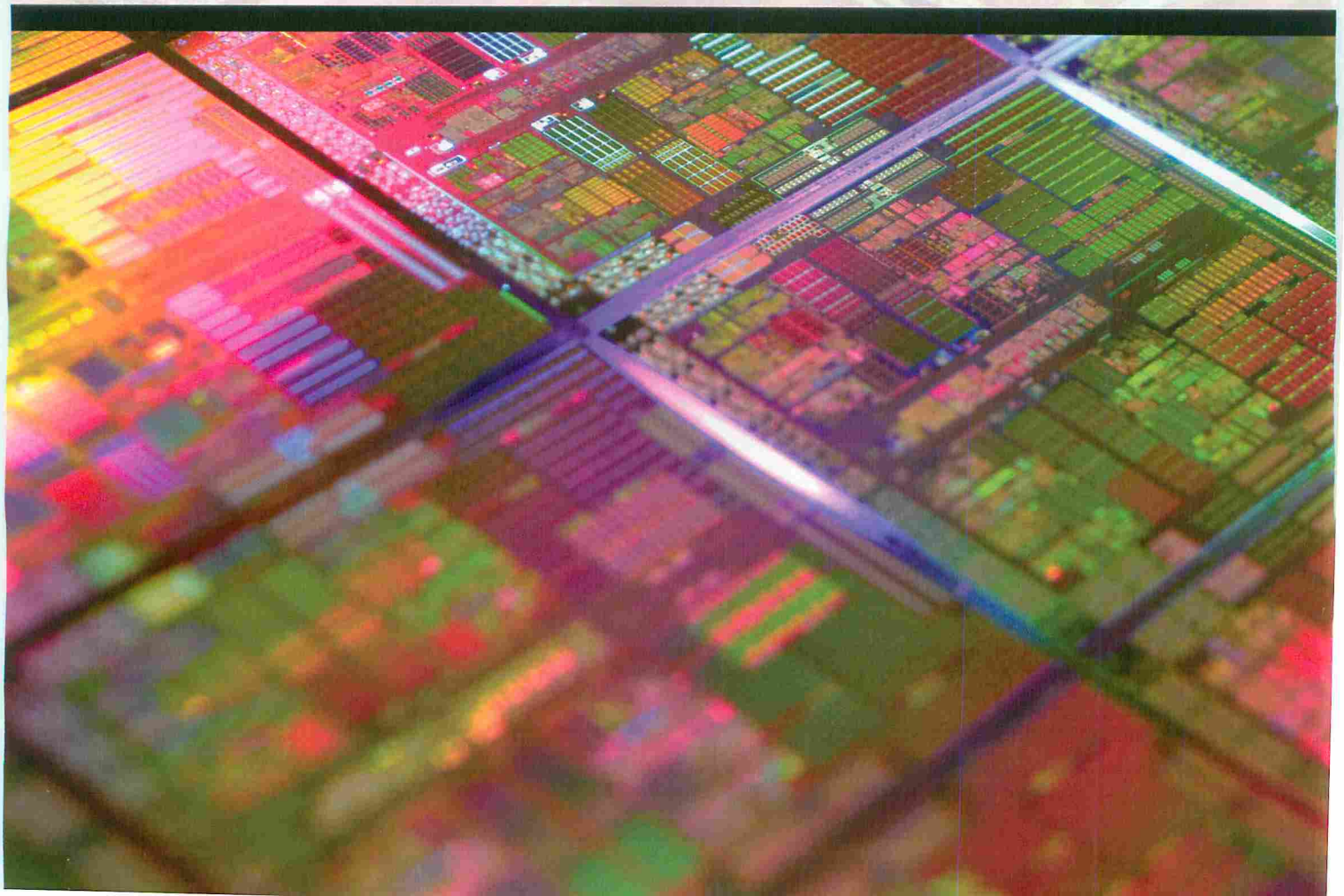
Natural Selection of Parental Ability to Vary the Sex Ratio of Offspring. Trivers R.L. e Willard D.E., in «Science», Vol. 179 pp. 90-92, 1973.

Money and Sex, the Illusory Universal Sex Difference: Comment on Kanazawa. Volscho T. W., in «Sociological Quarterly», Vol. 46 pp. 716-736, 2005.



MICROCHIP
DEI PROSSIMI 20 ANNI

Ecco come in futuro i circuiti integrati diventeranno più piccoli, più veloci e più economici □ □ □



◀ Ogni chip del processore Phenom X4 di AMD (*a fronte*) è formato da 758 milioni di transistor.

◀ Dimensioni reali di un chip

Nel 1975 il pioniere dell'elettronica Gordon Moore fece una previsione destinata a diventare famosa: la complessità dei chip di circuiti integrati sarebbe raddoppiata ogni due anni. I progressi nel campo della produzione, infatti, avrebbero permesso di ridurre sempre più le dimensioni dei transistor, e in questo modo i segnali elettrici avrebbero percorso distanze via via più brevi per elaborare l'informazione. Per l'industria dell'elettronica e per i consumatori, la previsione, in seguito conosciuta come «legge di Moore», implicava che i dispositivi elettronici sarebbero diventati più piccoli, più veloci e più economici. Grazie all'innovazione continua nella progettazione e nella fabbricazione dei semiconduttori, i chip hanno seguito questa traiettoria in modo fedele per 35 anni.

Gli ingegneri però sapevano che prima o poi si sarebbero scontrati con un muro. Lo spessore dei transistor sarebbe arrivato a qualche decina di atomi: a quella scala, le leggi fondamentali della fisica avrebbero imposto dei limiti. Ma ancora prima di sbattere contro quel muro probabilmente sarebbero sorti due problemi pratici. Collocare transistor così piccoli così vicini tra loro mantenendo però un alto rendimento – ovvero il rapporto tra chip funzionanti e chip difettosi – sarebbe diventato troppo costoso. Inoltre l'accensione e lo spegnimento di un numero elevato di transistor avrebbe generato tanto calore da bruciare gli stessi elementi.

Proprio come era stato previsto, qualche anno fa questi problemi si sono materializzati. Oggi i computer sono commercializzati con la locuzione *dual-core* – che sta a indicare che hanno due processori invece di uno – proprio perché è diventato troppo problematico mettere il numero necessario di transistor su un unico chip e raffreddarlo. Per superare questo ostacolo i progettisti di computer hanno deciso di mettere due o più chip uno vicino all'altro e di programmarli in modo che elaborino le informazioni in parallelo.

La legge di Moore finirà per esaurire lo spazio disponibile, almeno così sembra. Allora come faranno gli ingegneri a produrre microprocessori sempre più potenti? Due delle opzioni possibili riguardano il passaggio ad architetture alternative e il perfezionamento di nanomateriali in grado di autoassemblarsi atomo per atomo. Un'altra opzione consiste nel perfezionare nuovi metodi per l'elaborazione dell'informazione, tra cui il calcolo quantistico e il calcolo biologico. Nelle pagine che seguono passeremo in rassegna un'ampia gamma di sviluppi – molti dei quali attualmente allo stadio di prototipo – che nei prossimi vent'anni potrebbero mantenere i dispositivi di calcolo in corsa verso l'obiettivo del «più piccolo, più veloce e più economico». Un percorso che finora si è rivelato assai proficuo.

IN SINTESI

- Tra non molto potrebbe diventare impossibile realizzare transistor su circuiti integrati ancora più piccoli degli attuali: per migliorare i chip occorreranno materiali e progetti alternativi.
- Nanocavi, grafene, particelle quantistiche e molecole biologiche potrebbero portare a nuove generazioni di microchip di gran lunga più potenti rispetto a quelli disponibili oggi.

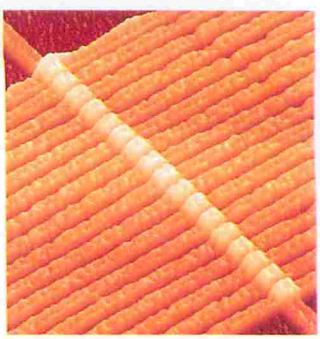
DIMENSIONI: L'ARCHITETTURA CROSSBAR

I più piccoli transistor commerciali prodotti oggi misurano solo 32 nanometri, l'equivalente di circa 96 atomi di silicio. L'industria elettronica riconosce che in futuro potrebbe essere estremamente difficile produrre dispositivi più piccoli di 22 nanometri usando le tecniche litografiche, pur con i continui miglioramenti ottenuti nei decenni passati.

Un'opzione che ha le caratteristiche di un circuito di dimensioni paragonabili ma offre una potenza di calcolo molto più alta è nota come architettura *crossbar*. Invece di collocare i transistor tutti su un piano, l'architettura crossbar prevede un gruppo di nanocavi paralleli disposti su un piano che incrocia un secondo gruppo di nanocavi ortogonali al primo. I due gruppi sono separati da uno strato di materiale spesso come una molecola. In questo modo le numerose intersezioni che si creano tra i due gruppi di nanocavi possono fungere da commutatori, chiamati memristori (*memristor*), che rappresentano «1» e «0» (le cifre binarie del calcolo automatico, più comunemente dette *bit*) proprio come i transistor. La differenza è che i memristori possono anche immagazzinare informazioni. Queste due caratteristiche consentono una gamma di diversi compiti di calcolo. In definitiva, un memristore può fare il lavoro di 10 o 15 transistor.

I laboratori Hewlett-Packard hanno realizzato un prototipo di architettura crossbar con cavi di titanio e platino lunghi 30 nanometri, usando materiali e processi simili a quelli già ottimizzati per l'industria dei semiconduttori. I ricercatori dei centri privati ritengono che ogni cavo possa arrivare a soli 8 nanometri. Diversi gruppi di ricerca stanno anche realizzando strutture incrociate in silicio, titanio e solfuro d'argento.

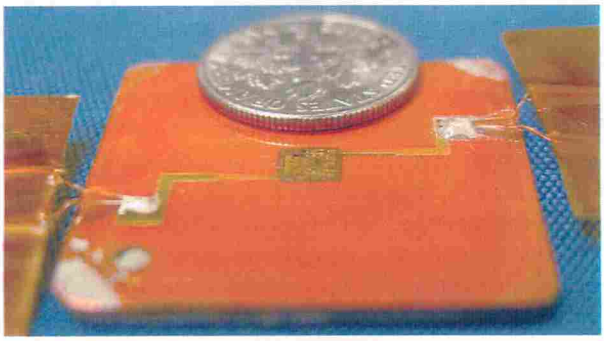
IL MEMRISTORE realizzato da Hewlett-Packard è un nuovo elemento di un circuito che si crea in ogni intersezione di nanocavi sovrapposti.



Cortesia AMD Global Communications (*pagina a fronte e in alto*), cortesia R. Stanley Williams, Hewlett-Packard Labs (*architettura crossbar*)

CALORE: LIQUIDI REFRIGERANTI O VENTOLE

Con un miliardo di transistor su un unico chip, il problema principale è disperdere il calore generato dalla commutazione on/off dei transistor. I computer hanno spazio per una ventola, ma anche così il massimo di potenza dissipata è di circa 100 watt per chip. I progettisti, quindi, stanno studiando nuove alternative. Il portatile MacBook Air ha un elegante involucro in alluminio, materiale con un'ottima conducibilità termica, che ha la funzione di «pozzo» termico. Nell'Apple Power Mac G5, un liquido viene fatto circolare in microcanali posti sotto la base del processore.

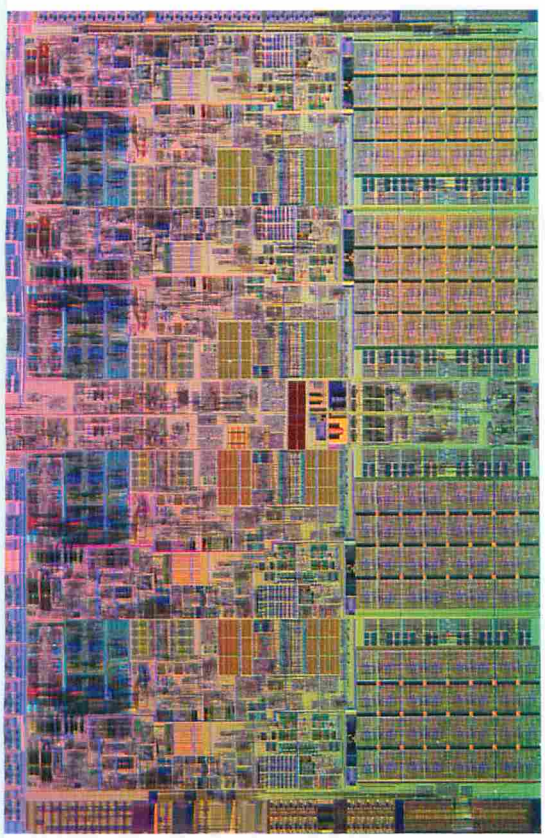


L'ELEMENTO DI RAFFREDDAMENTO in tellururo di bismuto (*al centro, in oro*) dovrebbe trasferire il calore da un chip molto più grande fissato a un sottile strato di dissipazione (*in arancione*). Elemento e strato necessitano di meno spazio ed energia rispetto agli attuali pozzi di calore.

Mettere insieme liquidi ed elettronica, però, può essere pericoloso, e per esempio i dispositivi portatili come gli *smart phone* non hanno spazio per circuiti di raffreddamento o ventole. Un gruppo di ricerca guidato da Intel ha inserito un super reticolo a film sottile di tellururo di bismuto nell'alloggiamento di un chip (*nella foto*). Questo materiale termoelettrico converte i gradienti di temperatura in elettricità, refrigerando in questo modo il chip stesso.

Sulla base di un lavoro della Purdue University, la *start-up* Ventiva sta realizzando un una piccola «ventola» a stato solido senza parti in movimento che crea un flusso d'aria sfruttando l'effetto corona, allo stesso modo dei purificatori d'aria silenziosi. Un reticolo leggermente concavo ha cavi in tensione che generano un plasma microscopico; gli ioni in questa miscela gassosa trascinano le molecole d'aria dai cavi a un'armatura adiacente, generando un flusso d'aria maggiore rispetto a quello generato da una tipica ventola meccanica, con un ingombro inferiore. Altri ricercatori stanno sperimentando ventole a motore di Stirling che creano un flusso d'aria senza consumare elettricità, visto che sono alimentate solo dalla differenza di temperatura tra la regione calda e quella fredda del chip.

ARCHITETTURA: CORE MULTIPLI



I transistor più piccoli possono passare più rapidamente da on a off e viceversa per rappresentare «0» e «1», rendendo i chip più veloci. La velocità di *clock* – il numero di istruzioni che un chip può elaborare in un secondo – si è attestata su valori compresi tra 3 e 4 gigahertz, corrispondenti al limite di raffreddamento del chip. La volontà di migliorare le prestazioni entro i limiti di velocità e di raffreddamento ha portato i progettisti a collocare due processori, o *core*, sullo stesso chip. Ciascun core funziona alla stessa velocità dei processori precedenti, che però in questa architettura lavorano in parallelo, e quindi possono elaborare più dati nell'unità di tempo, consumando meno elettricità e generando meno calore. Gli ultimi computer arrivati sul mercato sono dotati di core quadrupli, come l'Intel i7 e il Phenom X4 di AMD.

I supercomputer più potenti del mondo sfruttano architetture con migliaia di core, ma nei prodotti di largo consumo anche l'impiego di pochi core con la massima efficienza richiede nuove tecniche di programmazione che consentano di partizionare i dati oltre che di elaborare e di coordinare i processi. I concetti alla base della programmazione parallela erano stati sviluppati per i supercomputer già negli anni ottanta e novanta; oggi il problema riguarda la creazione di linguaggi e di strumenti con cui gli sviluppatori di software possono ottenere applicazioni destinate agli utenti finali. Microsoft Research, per esempio, ha realizzato il linguaggio di programmazione F#. Un precedente linguaggio, Erlang, della svedese Ericcson ha ispirato nuovi linguaggi, tra cui Clojure e Scala. Istituzioni come l'Università dell'Illinois stanno anche sviluppando la programmazione parallela per chip *multiplecore*.

Se si riuscirà a perfezionare questi approcci, i dispositivi *desktop* e *mobile* potrebbero avere decine di processori paralleli che, pur avendo singolarmente meno transistor degli attuali chip, complessivamente funzionerebbero con maggiore rapidità.

IL PROCESSORE INTEL I7 ha quattro core (*a destra*) che lavorano in parallelo per velocizzare il calcolo.

Cortesia Intel

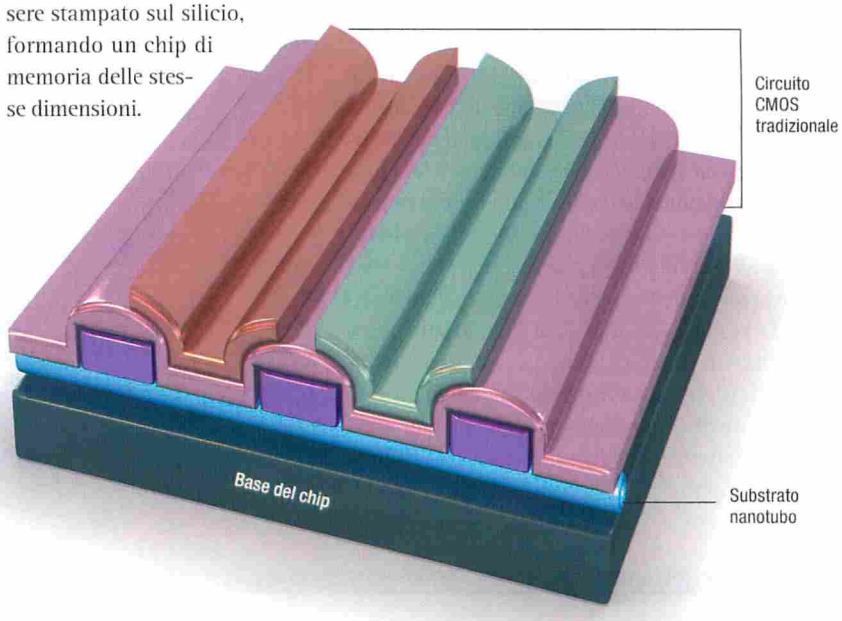
MATERIALI PIÙ SOTTILI: NANOTUBI E AUTOASSEMBLAGGIO

Da una decina d'anni ormai le nanotecnologie sono viste come panacea per tutti i problemi nel campo della medicina, dell'energia e, ovviamente, dei circuiti integrati. I più entusiasti sostengono che i produttori di chip hanno creato questa nuova disciplina proprio per aprire la strada alla realizzazione di transistor ancora più piccoli.

Le aspettative maggiori, però, riguardano la possibilità di progettare e comporre singole molecole. Transistor assemblati da nanotubi di carbonio, per esempio, potrebbero essere molto più piccoli. Un gruppo di ingegneri dell'IBM ha realizzato un circuito tradizionale CMOS (*complementary metal-oxide semiconductor*) che usa un nanotubo di carbonio come substrato conduttore invece del silicio (*a destra*). Joerg Appenzeller, già membro del gruppo, attualmente alla Purdue University, sta progettando nuovi transistor molto più piccoli dei dispositivi CMOS che potrebbero sfruttare al meglio una minuscola base costituita da un nanotubo.

Disporre a piacimento molecole o atomi è però un compito molto arduo, specialmente se si considera la necessità di assemblarli in grandi volumi durante la produzione di chip. Una valida soluzione potrebbe essere quella di molecole in grado di autoassemblarsi: una volta miscelate, queste molecole vengono esposte a calore, radiazione luminosa o forza centrifuga, e poi si dispongono secondo uno schema prevedibile.

IBM ha dimostrato come è possibile produrre circuiti di memoria usando polimeri tenuti insieme da legami chimici. Una volta adagiate sulla superficie di un wafer di silicio e riscaldate, le molecole si stirano e formano una struttura a forma di nido d'ape con pori di soli 20 nanometri di larghezza. Successivamente lo schema potrebbe essere stampato sul silicio, formando un chip di memoria delle stesse dimensioni.



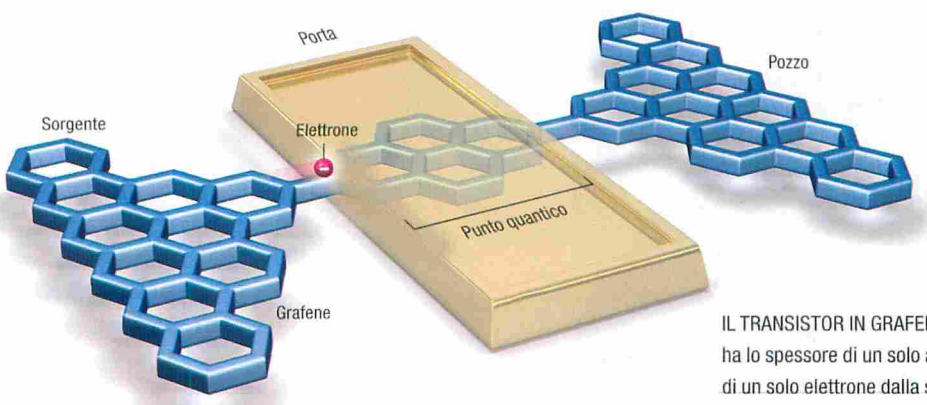
IL CIRCUITO DI UN OSCILLATORE ad anello è realizzato su un unico nanotubo di carbonio che connette gli elementi del circuito.

TRANSISTOR PIÙ VELOCI: IL GRAFENE ULTRASOTTILE

La miniaturizzazione continua dei transistor ha come obiettivo la riduzione della distanza percorsa dai segnali elettrici in un chip, in modo da aumentare la velocità di elaborazione dell'informazione. Ma un particolare nanomateriale, il grafene, potrebbe funzionare più velocemente solo in virtù della sua struttura intrinseca.

La maggior parte dei chip logici usa transistor a effetto di campo realizzati con la tecnologia CMOS. Si pensi a un transistor come a una struttura stratificata, con uno strato di alluminio (o, più di recente, di silicio policristallino) in cima, uno di ossido isolante nel mezzo e uno di silicio semiconduttore alla base. Il grafene è come un foglio di esagoni – i cui vertici sono atomi di carbonio – che si ripetono formando una struttura a nido d'ape dello spessore di un solo atomo. Impacchettati l'uno sopra l'altro, i fogli formano la grafite, il minerale con cui si fabbricano le comuni mine delle matite. Nella sua forma cristallina pura, il grafene conduce gli elettroni più velocemente di qualunque altro materiale a temperatura ambiente, molto più rapidamente rispetto ai transistor a effetto di campo. I portatori di carica, inoltre, perdono una quantità di energia molto limitata in seguito alla diffusione o alla collisione con gli atomi del reticolo, quindi si produce poco calore.

Il grafene è stato isolato come materiale solo nel 2004, quindi gli studi sono all'inizio; i ricercatori pensano però di poter realizzare transistor in grafene delle dimensioni di 10 nanometri e spessore di un solo atomo. Inoltre, su un unico foglio di grafene potrebbero essere ricavati numerosi circuiti.



IL TRANSISTOR IN GRAFENE realizzato dall'Università di Manchester ha lo spessore di un solo atomo. Un punto quantico permette il movimento di un solo elettrone dalla sorgente al pozzo, registrando «1» oppure «0».

Splashlight

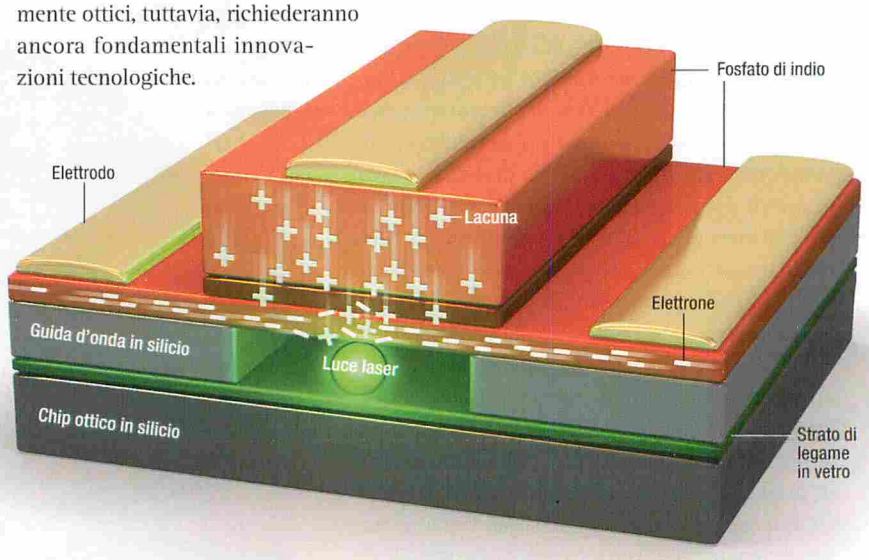
CALCOLO OTTICO: PIÙ VELOCE DELLA LUCE

Le alternative più radicali ai chip al silicio sono a uno stadio così rudimentale che i circuiti potrebbero arrivare sul mercato non prima di un decennio. Per quella data, la legge di Moore avrà già smesso di essere valida, quindi i ricercatori stanno lavorando a schemi di calcolo completamente differenti.

Nel calcolo ottico, l'informazione non è trasportata dagli elettroni ma dai fotoni, e in modo molto più rapido: alla velocità della luce. Controllare la luce, però, è molto più difficile. I progressi nella produzione di commutatori ottici usati nei cavi in fibra ottica destinati alle telecomunicazioni hanno aiutato anche il calcolo. Uno degli studi più avanzati mira a creare una connessione ottica tra i processori tradizionali nei chip multiplecore: enormi quantità di dati viaggiano tra i core che elaborano l'informazione in parallelo, e i cavi che collegano i core potrebbero diventare un collo di bottiglia. Le connessioni fotoniche, invece, potrebbero migliorare il flusso di dati: i ricercatori dei laboratori Hewlett-Packard stanno valutando progetti che potrebbero gestire una quantità d'informazione superiore di due ordini di grandezza rispetto a quella attuale.

Altri gruppi stanno lavorando a connessioni ottiche in grado di sostituire i cavi di rame, più lenti, che ora collegano il chip di un processore agli altri componenti dei computer, come i chip di memoria e i lettori di DVD. Ingegneri di Intel e dell'Università della California a Santa Barbara hanno costruito percorsi ottici per dati partendo da fosfato di indio e silicio usando comuni processi di lavorazione dei semiconduttori (*sotto*). I chip di calcolo completamente ottici, tuttavia, richiederanno ancora fondamentali innovazioni tecnologiche.

UN CHIP OTTICO può svolgere calcoli in modo rapido se ha una sorgente di luce interna che può essere controllata. Gli elettroni e le lacune negli strati di fosfato di indio si ricombinano al centro della struttura per generare luce che si diffonde verso una guida d'onda in silicio e attraverso uno strato di vetro.

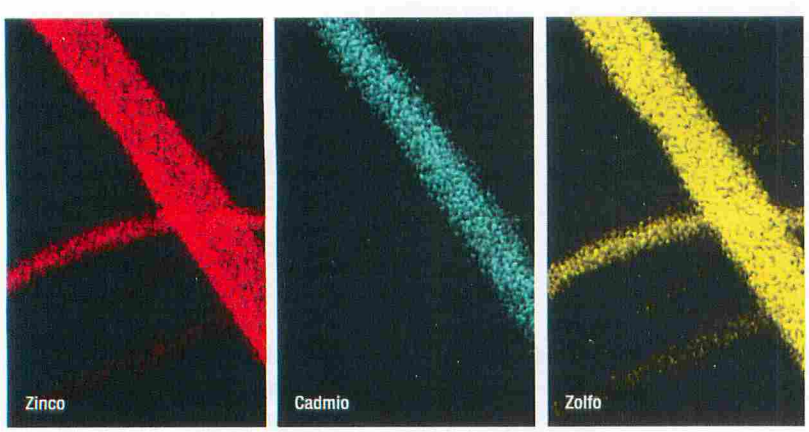


CALCOLO MOLECOLARE: LOGICA ORGANICA

Nel calcolo molecolare sono appunto le molecole a rappresentare «1» e «0», invece dei transistor. Se la molecola è biologica, si parla di calcolo biologico (*si veda il box nella pagina a fronte*). Per maggiore chiarezza ci si riferisce al calcolo con molecole non biologiche con la locuzione «logica molecolare», o con il termine *molectronics*.

Un transistor convenzionale ha tre terminali, visualizzabili come i vertici della Y: sorgente, porta e pozzo. L'applicazione di una tensione elettrica alla porta, lo stelo della Y, causa un flusso di elettroni dalla sorgente al pozzo, che definisce 0 o 1. Molecole con strutture ramificate potrebbero, in via teorica, produrre un segnale che fluisce in modo simile. Dieci anni fa, scienziati di Yale e della Rice University hanno realizzato commutatori molecolari usando il benzene.

Viste le dimensioni infinitesimali delle molecole, i circuiti potrebbero essere molto più piccoli di quelli realizzati in silicio. Una notevole difficoltà, però, riguarda il processo di fabbricazione di circuiti complessi. I ricercatori sperano che una soluzione possa essere l'autoassemblaggio. Nell'ottobre 2009 alcuni scienziati dell'Università della Pennsylvania ha trasformato zinco e solfuro di cadmio cristallino in circuiti su un super reticolo metallo-semiconduttore usando solo reazioni chimiche che stimolano l'autoassemblaggio (*in basso*).



SOTTILI NANOCAVI DI ZINCO, cadmio e zolfo si autoassemblano in un nanocavo stratificato più spesso (*all'estrema destra*) adatto alla realizzazione di un circuito quando vengono esposti a vapore di zincodietile per un tempo di 0,5 secondi.

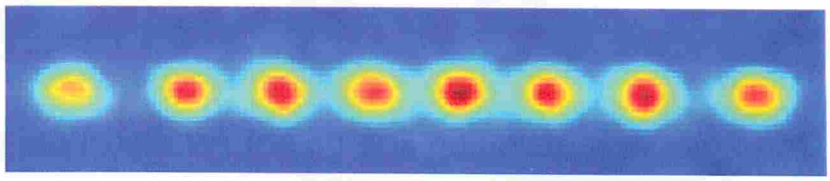
Splashlight (*in alto*); cortesia Ritesh Agarwal, Università della Pennsylvania (*in basso*)

CALCOLO QUANTISTICO: SOVRAPPOSIZIONE DI «0» E «1»

Gli elementi più piccoli che è possibile concepire in un circuito sono costituiti da singoli atomi, elettroni o anche fotoni. A queste dimensioni le interazioni tra gli elementi sono governate dalla meccanica quantistica, ovvero dall'insieme delle leggi fisiche che spiegano il comportamento atomico. I computer quantistici potrebbero essere incredibilmente veloci, ma ottenere gli effetti quantistici voluti e controllarli è una sfida ardua.

Una caratteristica di atomi ed elettroni è che possono esistere in differenti stati, che è possibile sfruttare come bit quantistici, o *qubit*, il cui controllo è oggetto di studio con diversi approcci. Una prima opzione, la spintronica, usa gli elettroni, i cui momenti magnetici di spin possono essere orientati in due versi opposti lungo una certa direzione per rappresentare «1» e «0». I due stati possono anche coesistere in un unico elettrone, realizzando un unico stato quantistico, frutto della sovrapposizione di «0» e «1». Con gli stati sovrapposti, una serie di elettroni potrebbe rappresentare una quantità d'informazione esponenzialmente più grande rispetto a una serie di transistor al silicio, che possono avere solo stati di bit ordinari. Un primo esempio di questo tipo di sistemi è stato realizzato da alcuni ricercatori dell'Università della California a Santa Barbara: si tratta di porte logiche ottenute intrappolando elettroni in cavità incise nel diamante.

In un altro progetto dell'Università del Maryland e del National Institute of Standards and Technology, una serie di ioni è sospesa tra armature cariche: l'orientazione degli spin viene alterata grazie ad alcuni laser, commutando i qubit. Un'altra opzione consiste nel rilevare i differenti tipi di fotoni emessi da uno ione in funzione dall'orientazione che assume.



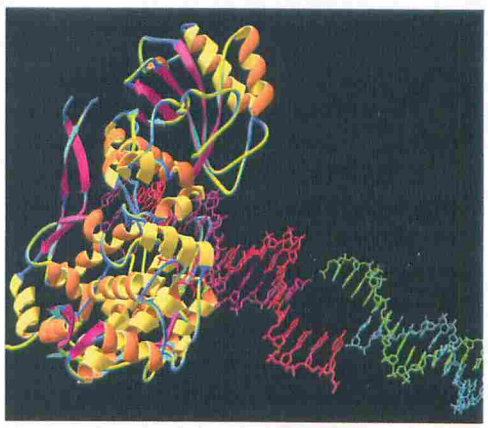
UNA FILA DI IONI CALCIO in una camera a vuoto può svolgere calcoli quantistici.

Oltre a beneficiare della sovrapposizione, gli elementi quantistici possono dare vita al fenomeno dell'*entanglement*. Grazie all'entanglement, gli stati di informazione di molti qubit possono essere collegati tra loro, permettendo un'elevata capacità di elaborazione dell'informazione e del suo trasferimento da un luogo all'altro.

IL CALCOLO BIOLOGICO: CHIP VIVENTI

Il calcolo biologico sostituisce i transistor con strutture che in genere si trovano negli organismi viventi. Di grande interesse sono le molecole di DNA e di RNA, che dal punto di vista della teoria dell'informazione codificano i programmi che dirigono la vita delle cellule. La caratteristica incredibile è che mentre un chip delle dimensioni di un'unghia potrebbe contenere un miliardo di transistor, un processore delle stesse dimensioni potrebbe contenere migliaia di miliardi di filamenti di DNA. Questi filamenti elaborerebbero contemporaneamente parti diverse di uno stesso calcolo, per poi riunirsi e rappresentare la soluzione. Oltre ad avere un numero di elementi più grande di alcuni ordini di grandezza, un chip biologico consentirebbe un calcolo parallelo massiccio.

I primi circuiti biologici elaboravano l'informazione formando e scindendo i legami tra filamenti. Attualmente i ricercatori stanno sviluppando «programmi per computer genetici» che vivrebbero e si replicherebbero in una cellula. La sfida consiste nel trovare metodi di programmazione con cui far comportare gli elementi biologici nel modo desiderato. Questi processori potrebbero finire nel nostro flusso sanguigno invece che nei computer. Ricercatori del Weizmann Institute di Rehovot hanno realizzato un semplice processore partendo dal DNA (*sopra*), e ora stanno cercando di far funzionare i componenti all'interno di una cellula, facendoli comunicare con l'ambiente esterno.



IL CALCOLO avviene quando una molecola di DNA (*verde*) fornisce dati a molecole di DNA software (*rosso*) che sono elaborate da un enzima FokI (*nastro colorato, a sinistra*).

Letture

A Future of Integrated Electronics: Moving off the Roadmap. Radack D.J. e Zolper J.C. (*a cura*), in «Proceedings of the IEEE», Vol. 96, n. 2, febbraio 2008.

Carbon wonderland. Le meraviglie del grafene. Geim A.K. e Kim P., in «Le Scienze», n. 478, giugno 2008.

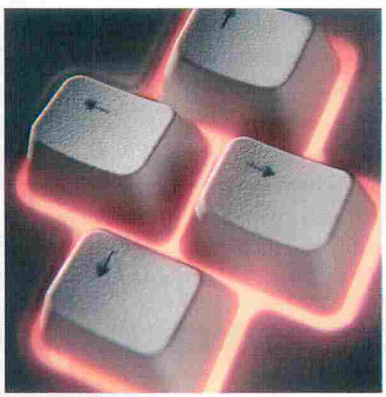
Molecular Implementation of Simple Logic Programs. Ran T. e altri, in «Nature Nanotechnology», Vol. 4, pp. 642-648, ottobre 2009.

Cortesia R. Blatt, Istituto di fisica sperimentale, Università di Innsbruck (*in alto*), cortesia Ehud Shapiro, Weizmann Institute of Science (*in basso*)

Soldi veri da mondi virtuali

di Richard Heeks

Con i giochi fantasy on line gli imprenditori dei paesi in via di sviluppo si guadagnano da vivere scambiando scorte di oro fittizio per denaro liquido



Anthony Gilmore Nameless Films (*gold farmers, a sinistra*), Duncan Smith/Getty Images (*frecce*), Juan Carlos Pinheiro Escoriaza, Pure West (*a destra*)

IN SINTESI

- È nato un nuovo tipo di industria di servizi per soddisfare le esigenze di milioni di utenti di giochi fantasy on line come World of Warcraft.
- Alcuni giocatori, detti *gold farmer*, accumulano «valuta» di gioco per venderla ad altri giocatori in cambio di denaro.
- Questa pratica controversa viola le regole del gioco, ma è diventata un mezzo per decine di migliaia di giocatori dei paesi in via di sviluppo per guadagnarsi uno stipendio analogo a quello di un operaio.

Come si fa a trasformare oro virtuale in oro vero? Centinaia di migliaia di *gold farmer* (letteralmente «coltivatori d'oro») dei paesi in via di sviluppo si sono dati una risposta redditizia. Sono diventati imprenditori che sbarcano il lunario traendo profitto dai videogiochi on line. Assumendo ruoli di fantasia in questi giochi, uccidono mostri, estraggono minerali o si dedicano ad altre attività che fanno guadagnare «oro virtuale» che poi vendono ad altri giocatori, spesso di nazioni ricche, in cambio di valuta reale. È una pratica che viola le regole del gioco, ma compratori e venditori di questa valuta immaginaria usano l'oro per determinare il destino dei personaggi virtuali.

In Cina, un gold farmer che gioca e vende valuta virtuale può guadagnare uno stipendio pari a quello di un operaio che assembla giocattoli in fabbrica 12 ore al giorno, se non più alto. Così questa attività, emersa negli ultimi dieci anni, si presenta come un modo ingegnoso, se pure controverso, per gli abitanti dei paesi poveri di trarre profitto dalle tecnologie informatiche, oltre che una maniera di acquisire abilità digitali che in seguito possano essere trasferite ad altre professioni in ambito informatico, al di fuori del mondo dei videogiochi.

Nel giro di pochi anni il *gold farming* si è trasformato in un'ampia impresa commerciale. Una stima verosimile suggerisce che l'Asia, e la Cina in particolare, dove risiede la maggior parte dei gold farmer, impiega oltre 400.000 giocatori che passano le loro giornate accumulando «oro». Si ritiene che gli scambi annui complessivi in oro virtuale ammontino almeno a un miliardo di dollari. E pare che ci siano dieci milioni di giocatori che in tutto il mondo comprano oro dai farmer o da servizi che li aiutano ad avanzare nel gioco.

Un tempo quasi invisibile ai non giocatori, oggi il gold farming attira l'attenzione di economisti e sociologi, presentandosi come punto di incontro tra ricchi e poveri, tra reale e virtuale. Studiosi e mass media hanno sviluppato un certo fascino per le dinamiche dei giochi che rappresentano mondi in miniatura in rapida evoluzione: i destini di giocatori e gruppi si risollevano e crollano nel giro di giorni o

Phil Ashley/Getty Images (*denaro*), cortesia Blizzard Entertainment, Inc. (*fermi immagine giochi*), Juan Carlos Piñeiro Escoriaza, Pure West (*in alto al centro, in basso al centro*), Getty Images (*mani su tastiera*), Julian Dibbell (*al centro, a destra*), Getty Images (*carrello*), Bryan Mullennix Getty Images (*simbolo dollaro*)

settimane, rispetto ai decenni o secoli di una vita umana o di una società. Ho iniziato a interessarmi di gold farming dopo aver incontrato mercanti virtuali mentre giocavo a un fantasy on line. Lo scopo dell'iniziativa, e il suo legame con lo sviluppo internazionale, il mio campo di specializzazione, mi furono subito chiari, e mi portarono a intraprendere una nuova linea di ricerca volta a esplorare la sociologia e l'economia del gold farming.

Come funziona

La popolare industria del gold farming esiste alla periferia del mondo dei videogiochi di ruolo on line noti con l'acronimo MMORPG (*massively multiplayer on line role-playing game*) come World of Warcraft ed EverQuest. Questi giochi non si limitano a creare un mondo virtuale fatto di case, paesaggi e personaggi di fantasia; hanno anche un'economia virtuale. La valuta fittizia dei giocatori, universalmente chiamata «oro», permette di acquistare armature e armi, cibo e medicinali, un cavallo più veloce o una nave spaziale meglio equipaggiata, a seconda dello specifico ambiente di gioco. Uccidendo mostri e altri avversari, estraendo minerali, tagliando legname e così via, i giocatori possono costituire la propria scorta d'oro. Come nel mondo reale, arricchirsi può rivelarsi un processo noioso, che può durare settimane o mesi. Così, molti giocatori che sono ricchi nel mondo reale sono passati a un'alternativa. Fanno ciò che si fa quando ci si trova a dover pulire casa o lavare l'auto: si affida il lavoro «sporco» a un gold farmer.

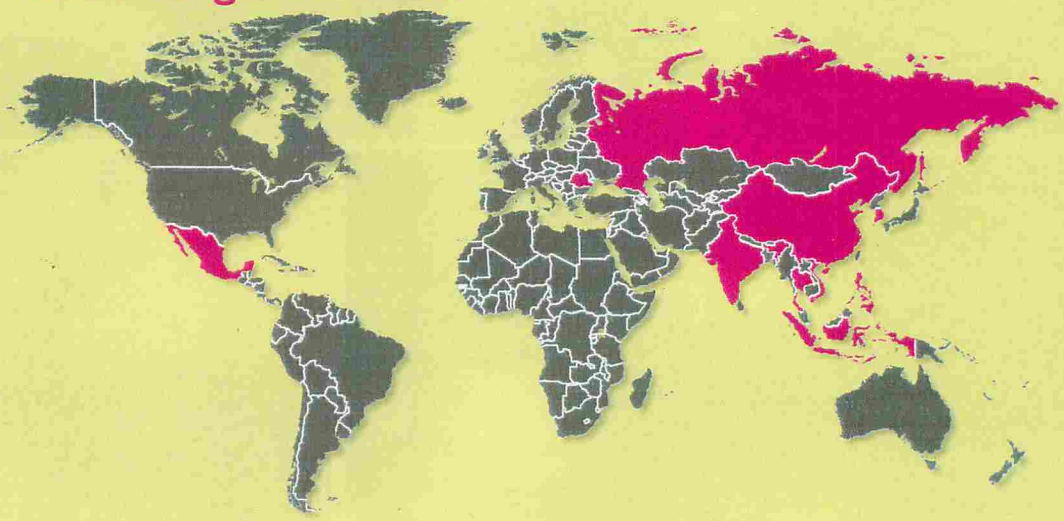
Dopo aver accumulato valuta, i farmer vendono le ricchezze virtuali in cambio di denaro vero su siti web che scambiano merce virtuale da usare nei giochi. La transazione si realizza attraverso PayPal o altri servizi che trasferiscono i pagamenti on line alle aziende di gold farming, ed equivale a un'operazione di acquisto di valuta straniera nel mondo virtuale. In World of Warcraft, il gioco più popolare, 1000 unità auree si vendono per circa 10 dollari, che equivale al tasso di cambio tra yen e dollaro.

Una volta che il pagamento in denaro reale è avvenuto, compratore e venditore si danno appunta-

I «PLAYBORER», il soprannome affibbiato a coloro che si guadagnano da vivere accumulando l'«oro» usato per acquistare armi e altri oggetti nei giochi on line, sono in genere asiatici, e il loro numero è stimato almeno in qualche decina di migliaia.

Geografia della mineralogia virtuale

I centri urbani dei paesi in via di sviluppo, in particolare la Cina, si sono rivelati punti caldi per i gold farmer, che scambiano merci virtuali raccolte durante i giochi on line in cambio di denaro reale. Spesso le aziende commerciali si specializzano concentrandosi sui mercati locali, regionali o globali.
L'industria cinese ha iniziato rapidamente a fornire servizi a basso costo per il mercato coreano, ma ha raggiunto velocemente la scala globale. Alcuni paesi, tra cui l'India, nota per le sue aziende di telemarketing e call center, continuano a servire soltanto il mercato interno.



50 MILIONI
Numero di giocatori on line a livello mondiale (20 milioni di giocatori abbonati)

DA 100.000 A 1 MILIONE
Numero stimato di gold farmer

150 DOLLARI
Salario mensile medio di un gold farmer in Cina

4 DOLLARI
Guadagno medio ogni 1000 unità d'oro raccolte.

DA 60.000 A 100.000 DOLLARI
Numero di aziende di gold farming nel mondo.

mento in un luogo prestabilito del mondo di fantasia, dove un farmer consegna la valuta virtuale al compratore. Sebbene la maggior parte dei loro profitti derivi dalla vendita dell'oro, i farmer si dedicano anche al *power leveling*. Assumono il ruolo del personaggio di livello basso di un cliente e gli fanno guadagnare punti portandolo a livelli di forza e abilità più alti. Passare dal livello 1 al livello 50 in Lord of the Rings Online costa circa 150 dollari. A volte, invece di assumere il ruolo del personaggio di un cliente, i farmer scortano altri giocatori in compiti pericolosi o difficili: un po' come ingaggiare qualche sherpa per salire in vetta all'Everest.

Preistoria dell'agricoltura virtuale

Gli scambi d'oro virtuale equivalgono forse alla metà dei profitti che le stesse aziende di videogiochi realizzano con la tassa d'iscrizione, la spesa iniziale di chi comincia a giocare. Come si è giunti a questo punto? Attraverso i miei studi, ho scoperto che l'industria del gold farming si è sviluppata più o meno come le economie del mondo reale, iniziando dal baratto ed evolvendosi in una complessa rete di commercio globale.

Il MUD (Multi-User Dungeon), inventato nel 1978 all'Università dell'Essex, è stato il primo MMORPG. Considerati i precursori dei moderni giochi on line, il MUD e i suoi primi discendenti permettevano a molti giocatori di ritrovarsi in un mondo in rete, sebbene le informazioni su personaggi, giocatori e oggetti fossero trasmesse solo in forma di testo. Nel progetto di sviluppo economico, i giocatori del MUD erano l'equivalente degli agricoltori di sussistenza della società preindustriale, e producevano oggetti a proprio uso e consumo.

Come in una tipica comunità di sussistenza, il baratto iniziò a fare la sua comparsa per articoli del gioco considerati di valore. Se mi ritrovavo con una collana di ambra in più e il mio vicino aveva una spada in più, potevamo accordarci per uno scambio. (Pare che i giocatori maschi donassero anche oggetti rari alle giocatrici nella speranza, probabilmente disattesa, di un riscontro emotivo o fisico.) Il baratto iniziò a includere lo scambio di monete d'oro, e a un certo punto negli anni ottanta ci fu il salto da valuta di gioco a valuta reale. I giocatori cominciarono a offrire contanti per articoli virtuali. In termini economici, i beni virtuali erano stati «monetizzati», e oggi il termine «scambi in moneta reale» (*real-money trading*, RMT) descrive lo scambio di contanti per valuta od oggetti virtuali.

Lo scambio in moneta reale di articoli virtuali si è intensificato tra gli anni ottanta e novanta. Qualcuno potrebbe definire i giocatori dell'epoca «giardinieri del mercato aureo». Evolvendosi dal baratto, vendevano oro virtuale come attività secondaria, proprio come un operaio potrebbe coltivare l'orto nel giardino di casa e venderne la produzione per arrotondare. Questi giocatori si concentravano ancora soprattutto sugli aspetti ricreativi del gioco. E ancora oggi nei *cybercafè* di India e Indonesia si possono trovare lavoratori part-time che si guadagnano qualche soldo vendendo articoli in surplus o personaggi.

Nel 1997 sono accadute due cose che hanno fatto evolvere questa fase di stagnazione allo stadio di sviluppo industriale virtuale. La prima è stata il lancio di Ultima Online, divenuto il primo autentico gioco on line di massa. La seconda è stata l'avvento di eBay, che ha offerto un sistema di scam-

Melissa Thomas

bio a basso costo. I giardinieri del mercato aureo si sono gradualmente resi conto che potevano guadagnare molto di più di pochi spiccioli. Hanno cominciato a specializzarsi nella ricerca di articoli e valuta virtuale da vendere, concentrandosi soltanto su uno specifico gioco, e, in alcuni casi, abbandonando altre occupazioni per fare i cercatori d'oro virtuale a tempo pieno. Questi giocatori, concentrati nei paesi occidentali, sono diventati i primi gold farmer. Erano l'equivalente di un artigiano, o del modello di produzione del lavoro a domicilio. Ogni volta che veniva lanciato un nuovo gioco, valuta e armi o altri articoli diventavano disponibili per la vendita su eBay nel giro di poche settimane.

Il 1997 ha visto la crisi valutaria asiatica, un evento che ha posto le fondamenta per l'attuale industria del gold farming. I governi asiatici hanno cercato di uscire dalla crisi con cospicui investimenti in tecnologie informatiche e di comunicazione, compresa la banda larga. Alcuni disoccupati hanno dato vita a nuove attività come chioschi pubblici in cui si affittavano personal computer per giocare, cosa che ha contribuito a favorire una forte cultura del gioco in Asia orientale.

L'età dell'oro del gold farming

Entro il 2001 i gold farmer più dinamici avevano cominciato ad assumere personale per fare quattrini con questo nuovo mercato. Altri guardarono ancora più lontano, mettendo le basi in America Latina e in Asia. Contemporaneamente i sudcoreani hanno iniziato a convertire i cybercafè in stabilimenti di gold farming per il gioco fantasy medievale Lineage, il primo MMORPG proveniente da un paese non occidentale. Presto i commercianti hanno iniziato a vendere la valuta del gioco, detta *adena*, ad altri giocatori.

Le aziende di scambio dell'oro che prosperavano negli Stati Uniti e in Asia seguirono l'esempio di Walmart e altre imprese, cercando di tagliare i costi e far crescere le proprie attività ricorrendo all'*outsourcing* per gli approvvigionamenti di base. Il loro obiettivo naturale fu l'Asia orientale, con il suo bacino di manodopera a basso costo già qualificata o da addestrare e la sua infrastruttura a banda larga in fase di crescita. A causa dell'estensione e della specializzazione della sua forza lavoro, la Cina era il paese più attraente, tanto da diventare il centro mondiale del gold farming.

Nel 2004 l'uscita di World of Warcraft, il gioco destinato a ottenere il maggior successo in assoluto, decretò un'enorme crescita dell'industria e grossi profitti per i gold farmer. Si stima che entro il 2009 11 milioni di abbonati abbiano assunto il ruolo di un personaggio e si siano imbarcati in qualche avventura nel fantastico mondo di Azeroth.

Le maggiori gold farm si sono specializzate sempre di più, proprio come succede all'agricoltura o al settore manifatturiero di una società industriale avanzata. Giocatori diversi in un'azienda di farming assumono ruoli differenti in un determinato gioco: i cacciatori possono essere responsabili di scovare e uccidere mostri. I bancari accumulano e trasferiscono patrimoni. I *barker*, o *promoter*, pubblicizzano i servizi di gold farming ad altri giocatori. Inoltre i commercianti indipendenti hanno cominciato a usare i servizi dei gold farmer per fare denaro senza mai giocare concretamente. Si sono messi a comprare e vendere personaggi o accessori di gioco come fossero strumenti finanziari di Wall Street. Un commerciante potrebbe, per esempio, comprare un account legato a un determinato personaggio, usare i servizi di un gold farmer per farlo salire a un livello superiore e quindi venderlo a un giocatore interessato per ricavarne un profitto.

In concomitanza con la bolla immobiliare e finanziaria globale anche il gold farming è entrato in crisi. L'azienda leader del settore, la IGE (Internet Gaming Entertainment), facendo da intermediaria tra i gold farmer in Cina e i giocatori occidentali, ha guadagnato tra i 10 e i 20 milioni di dollari al mese, pagando stipendi dell'ordine di milioni di dollari ai suoi dirigenti. Pare che un solo gold farmer cinese abbia guadagnato 1,3 milioni di dollari in due anni. Si sono venduti singoli oggetti per ci-

DA 200 MILIONI A 3 MILIARDI DI DOLLARI

Stima del giro d'affari complessivo nello scambio di moneta reale a livello mondiale (gold farming e altri beni e servizi non autorizzati dei giochi on line)

400 DOLLARI

Costo del *power leveling* (arrivare al livello 75 in Final Fantasy XI)

1,3 MILIONI DI DOLLARI

Cifra più alta mai riferita guadagnata da un gold farmer in due anni

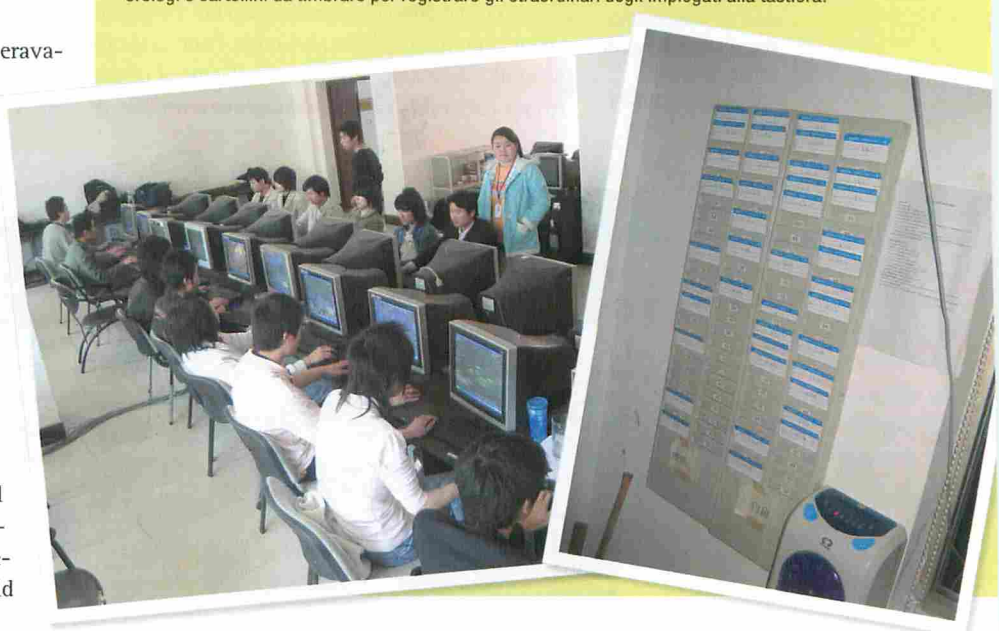
13,5 DOLLARI

Tasso di scambio (dollari per oro virtuale) per 5 milioni di unità d'oro nel gioco Runescape

DA 4 A 12 MILIONI

Numero stimato di consumatori dei servizi di gold farming

IN MOLTI STABILIMENTI DI GOLD-FARMING si lavora gomito a gomito, e in alcuni sono stati adottati orologi e cartellini da timbrare per registrare gli straordinari degli impiegati alla tastiera.



Fonte delle statistiche: *Current Analysis and Future Research Agenda on «Gold Farming»: Real-World Production in Developing Countries for the Virtual Economies of Online Games*, di Richard Heeks, Institute for Development Policy and Management, Università di Manchester, 2008; Anthony Gilmore, Nameless Films (*gold farmer*); Julian Dibbell (*cartellini*)

LA LINGUA DEI FARMER

Le complesse realtà alternative del gioco on line danno vita a propri complicati idiomi, che si richiamano al genere fiction cyberpunk. Gli esempi qui riportati descrivono attività in cui i gold farmer si impegnano quando cercano di elevare un personaggio a un livello di gioco superiore.

BOTTING
Uso di personaggi di gioco automatici, i *bot*, che agiscono in modo autonomo, come se fossero controllati da un essere umano.

NERFING
Azione atta a ridurre il valore o il potere di un oggetto o di un'attività.

NINJA LOOTING
Appropriarsi di risorse in modo antisportivo, come impadronirsi del «bottino» di un mostro ucciso a spese di altri.

SPAWN CAMPING
Una vena estrattiva di una risorsa richiesta si reintegra o si «rigenera», dopo un certo intervallo. A volte i gold farmer sono accusati di stare in agguato in attesa di appropriarsi della risorsa così rinnovata.

fre pari a 20.000 dollari. Ma dal 2005 al 2009 le valute virtuali hanno subito una svalutazione dell'80 per cento contro il dollaro. La ricerca condotta al Center for Development Informatics dell'Università di Manchester, che dirigo, ha mostrato che la bolla è scoppiata quando troppi imprenditori sono entrati nel mercato. Il gold farming continua a prosperare. Negli ultimi anni, però, le aziende cercano di contenere ancora di più i costi, incoraggiando la crescita di nuove imprese in Vietnam.

La controreazione emergente

Il gold farming è una pratica controversa, perché l'accumulo di valuta di gioco con lo scopo di rivenderla in cambio di denaro vero è un'esplicita violazione delle regole del gioco. Le società che distribuiscono videogiochi on line hanno cercato di porre un freno al commercio dell'oro prendendo provvedimenti come la messa al bando di singoli giocatori o l'avvio di cause legali.

A prescindere dalle questioni legali, alcuni giocatori considerano il gold farming una pratica scorretta, una facile scorciatoia nel percorso per accumulare ricchezza e salire gradualmente a livelli più alti. E poi può essere una distrazione per i giocatori, come lo spam nella posta elettronica. Può essere difficile immaginare se stessi come un cavaliere medievale impegnato a difendere il proprio regno se si viene bombardati da pop-up che ci invitano a visitare siti web per acquistare oro.

Nei primi anni le società di videogiochi e i giocatori hanno considerato il gold farming come un fastidio di poco conto. Ma una volta trasformatosi in una fiorente attività commerciale il loro atteggiamento è mutato. Le società hanno risposto introducendo disturbi a basso livello: eventi casuali che attaccano e uccidono i *bot* (personaggi che eseguono compiti automatici e ripetitivi, come l'estrazione di minerali, senza il diretto controllo dei giocatori); il *nerfing*, che consiste nella svalutazione o rimozione di articoli o attività del gioco usati dai gold farmer; la messa al bando degli account di gioco dei farmer; e, infine, il *patching*, che introduce un nuovo codice software del gioco che, per esempio, ritarda gli scambi di valuta, dando alla società il tempo necessario per indagare su una transazione.

Nonostante siano disturbati da queste misure, i gold farmer riescono ad aggirare gli ostacoli. Le società hanno reagito con provvedimenti più sostanziali, come vietare ad alcuni indirizzi IP cinesi di accedere a server nordamericani o europei. E nel 2007 eBay ha finalmente acconsentito alle richieste di vietare tutte le vendite di articoli virtuali, ma l'iniziativa ha dato il via alla creazione di centinaia di attività che forniscono il commercio dell'oro e i servizi di power-leveling direttamente ai clienti.

Le società cercano poi di arginare il gold farming con manovre legali. Prima di iscriversi a un MMORPG, un giocatore deve acconsentire a non impegnarsi in trasferimenti di moneta reale. Ma la questione di chi possiede gli oggetti e la valuta virtuali di un personaggio resta irrisolta. Una società di videogiochi ha diritti su tutto ciò che si trova nel mondo virtuale, e in tal caso il commercio di moneta reale è da considerarsi illegale? O piuttosto l'oro o una spada sono proprietà dei giocatori che creano e pagano per un personaggio e i suoi possedimenti? Le società non hanno ancora ottenuto una chiara vittoria su questo fronte quando hanno portato le aziende di gold farming in tribunale. Anzi, in Cina i giocatori hanno ottenuto sentenze che hanno richiesto alle società di videogiochi locali di restituire la merce virtuale che era andata perduta in seguito a inadeguatezze del sistema di gioco, casi che provano che i giocatori hanno diritti di proprietà sui beni virtuali.

Infine, le società hanno ripiegato su riprogettazioni che escludono i gold farmer, modifiche che a volte hanno sortito un profondo effetto sul gioco. Nel 2007, in risposta alle lamentele dei giocatori

UNO STILE DI VITA SPARTANO caratterizza il mondo dei gold farmer, che ricevono vitto e alloggio in edifici fatiscenti, e un salario di 1,50 dollari all'ora, in cambio di 12 ore di lavoro, sette giorni su sette.

Cat Wilson (*icone*); Anthony Gilmore/Nameless Films (*cucina e doccia*); Julian Dibbell (*dormitorio e mensa*)

sui gold farmer, Jagex ha ridisegnato il suo Runescape in modo da rendere più difficoltosa la vendita di oro virtuale. Il rimedio, però, ha portato altri problemi; in molti si lamentavano che il gioco era stato rovinato dalle misure restrittive, tanto che alcuni lo ribattezzarono simpaticamente *Ruinedscape*. Il commercio dell'oro guadagnato in Runescape continua, seppure in forma ridotta e modificata. Alcune società sono arrivate al punto di adottare gli stessi metodi usati dai gold farmer. Sottraendosi alla pratica tradizionale di far pagare una quota di iscrizione ai giocatori, ora ricevono commissioni per gli oggetti di gioco acquistati, che costituiscono la loro principale fonte di profitto.

Uno sguardo dall'altro mondo

Sia i giocatori che le società hanno adottato a più riprese tattiche aggressive per combattere i gold farmer. Circa un quarto dei giocatori sono dichiaratamente ostili. Questo gruppo ha lanciato delle campagne piuttosto disorganizzate contro personaggi che essi pensano, a volte a torto, essere controllati dai gold farmer. Per fare un esempio, i nani femmina, un tipo di personaggio in un gioco, sono spesso attaccati o molestati in quanto sono considerati strumenti dei gold farmer.

Questa ostilità pare alimentata in parte dalla stereotipizzazione razziale. L'analista Nick Yee, del Palo Alto Research Center, ha tracciato paralleli tra la reazione al gold farming e il modo in cui gli immigrati cinesi erano trattati durante la corsa all'oro in California nella seconda metà del XIX secolo. In entrambi i casi, gli epiteti offensivi rivolti loro hanno giustificato la necessità di una loro «disinfestazione»: da una parte l'effettiva pulizia etnica dal suolo americano, dall'altra l'espulsione dai server di gioco con base negli Stati Uniti. Un gold farmer ha descritto così le interazioni con i giocatori statunitensi: «Mi trattano male... Mi chiamano contadino, cane cinese e così via. Non ho problemi con gli altri, solo con gli americani, che manifestano di continuo il loro razzismo nei miei confronti».

Il gold farming resta una pratica sgradita. Per le condizioni di lavoro, le gold farm sono considerate «sfruttatori virtuali». Ma questo quadro è discutibile. I gold farmer guadagnano 50 centesimi all'ora per lavorare in turni di 10-12 ore tutti i giorni della settimana. Da una prospettiva occidentale, sono condizioni di sfruttamento. Ma i gold farmer hanno un buon salario, spesso più alto di quanto prenderebbero svolgendo altri lavori. Vitto e alloggio sono scadenti, ma gratuiti, e per molti, come gli immigrati dalle campagne, l'alternativa è la disoccupazione. Una parte del lavoro può essere monotona, ma molti dicono di divertirsi. Questo mix di lavoro e gioco ha persino dato vita al neologismo *playborer*, qualcosa come «giocoperaio».

Per i paesi in via di sviluppo il gold farming è un modo per ricavare centinaia di posti di lavoro dall'informatica, oltre a contribuire ad affrontare il problema della povertà urbana; prove non confermate indicano che riduce la criminalità, dando occupazione a cittadini maschi giovani e senza lavoro. Per questa ragione, nonostante i farmer operino teoricamente nel sommerso, un certo numero di governi locali cinesi ha addirittura fornito capitali da investire nella creazione di nuove gold farm.

Il gold farming continua a esercitare il suo fascino attirando operai dal salario basso, che sperano di arricchirsi con il gioco. Le fila dei giocatori on line si ingrossano a livello mondiale del 50 per cento all'anno o più, amplificando la domanda. Anche durante la recente crisi finanziaria globale, le gold farm cinesi hanno riportato aumenti nel volume di vendite e di occupazione.

Il gold farming apre la strada a molte opportunità per i paesi in via di sviluppo. Con l'aumento del tempo di lavoro e di svago che la gente trascorre in rete, il bisogno di servizi collegati compresi sotto la definizione di «cyberlavoro» non potrà che crescere. Future ricerche sul gold farming faranno luce sulle modalità in cui il commercio internazionale e Internet possono promuovere l'attività imprenditoriale. Ma devono anche sollevare interrogativi complessi. La Cina e altri paesi in via di sviluppo devono sostenere il gold farming per espandere occupazione ed esportazioni? I gold farmer possono poi approdare a professioni informatiche che richiedono una qualifica superiore? Il gold farming fornisce un modello per nuove forme di sviluppo economico? Quali altri tipi di cyberlavoro possono emergere dall'ombra? Gli spunti non mancano, e servono a ricordare che l'ubiquità della comunicazione a banda larga darà ai paesi poveri un ruolo centrale nella fiorente economia digitale. ■

L'AUTORE

RICHARD HEEKS è titolare della cattedra di informatica dello sviluppo dell'Università di Manchester, e dirige il Center for Development Informatics dello stesso ateneo. Vanta oltre trent'anni di esperienza di lavoro nell'intersezione di tecnologie digitali e sviluppo internazionale, tra cui attività di consulenza per governi e agenzie internazionali. Solo occasionalmente, ed esclusivamente a scopo di ricerca, lo si può vedere giocare on line.

Letture

Synthetic Worlds: the Business and Culture of Online Games. Castronova E., University of Chicago Press, 2005.

Play Money. Dibbell J., Basic Books, 2006.

Chinese Gold Farmers in MMORPGs. Ge Jin, YouTube, 2007. **www.youtube.com/watch?v=rEegohRPsqg.**

Current Analysis and Future Research Agenda on «Gold Farming». Heeks R., Università di Manchester, 2008. **www.sed.manchester.ac.uk/idpm/research/publications/wp/di/di_wp32.htm.**

Terra Nova. Blog sui mondi virtuali. **http://terranova.blogs.com.**

Cortesia Università di Manchester (Heeks)

Elementare, Watson!

Cilindri, rubinetti, acqua e inchiostro, il problema proposto da Rudy riguarda la meccanica dei fluidi, e un aiuto alla soluzione arriva da Sir Arthur Conan Doyle...

di Rodolfo Clerico, Piero Fabbri e Francesca Ortenzio

"Scommetto una ghinea che si tratta di bisolfato di barite!». Rudy sussulta, sorpreso dall'ingresso improvviso di Alice; preso dai suoi alambicchi, non l'ha sentita entrare.

«Cosa? Bisolf... Ah, capito. Stai citando Sherlock Holmes, vero? E l'inesistente bisolfato...».

«Già, si trova in *Un caso di identità*, pietra miliare del canone holmesiano. Mi ricordo che recuperai perfino il testo originale per vedere se la topica era di Conan Doyle o della traduzione; ma anche in inglese si trova un bel *bisulphate of baryta*, che assolve i traduttori con formula piena. Tu, piuttosto? Con la pipa in bocca e l'aria investigativa in questa specie di laboratorio di chimica ricordi proprio Sherlock».

«Seh, magari... Grazie per il paragone, ma io non sono Holmes, questa non è chimica, e soprattutto...».

«Che fate voi due in questo buco pieno di beute e provette, giocate al dottore?».

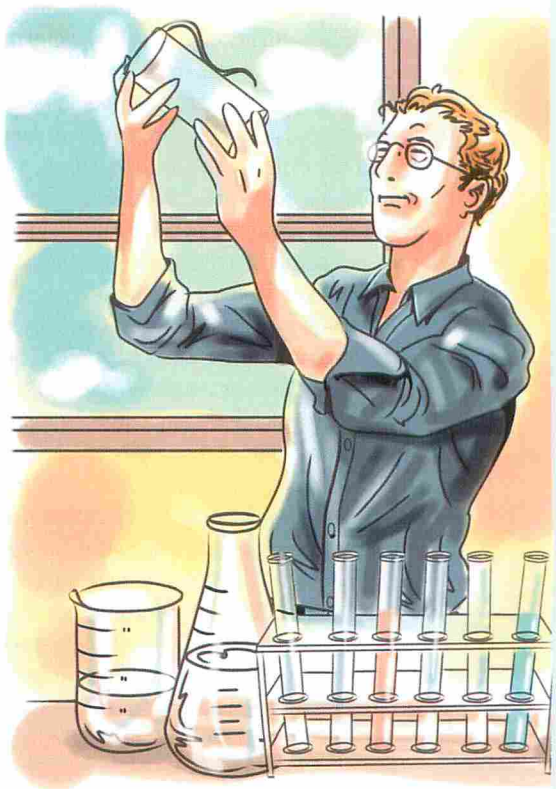
«...Soprattutto questo batrace appena arrivato non è il dottor Watson. Doc, se proprio non sai fare un ingresso in scena erudito come quello di Alice, almeno evita di interrompere dicendo scemenze. Ripeto: non sto giocando a Sherlock Holmes, anche perché la mia abilità con il violino è infinitamente inferiore a quella della capra di Chagall, e se siete venuti per sentire i *Lieder* di Mendelssohn spero che vi siate portati appresso il disco». Rudy distoglie lo sguardo dal tavolo di laboratorio e guarda i due amici negli occhi: «Ed è evidente che questo che sto preparando non è un esperimento di chimica».

Doc si accosta al tavolo, sfiora i tre contenitori cilindrici in verticale sui quali Rudy sta armeggiando, poi afferra la grande pipa Calabash ancora calda e la agita sotto il naso dell'amico: «Ma certo, questa non è chimica e tu non giochi a fare Sherlock. Visto che citi Chagall, lasciami ribattere con Magritte: *Ceci n'est pas un pipe*, forse? Confessa, GC, prima che ci mettiamo a cercare il classico cappello da investigatore».

«Sei approssimativo come sempre. Il famoso cappello non è da investigatore ma da cacciatore, e si chiama *deerstalker*. Non lo troverai certo qua, visto che il vero Sherlock Holmes non l'ha mai indossato. La pipa invece è proprio una pipa, alla faccia di Magritte, che del resto riferiva giustamente la frase alle sue pipe dipinte, non a quelle che io uso per fumare».

Alice riesce a trovare uno sgabello e si siede vicino a Rudy.

«Bene. Niente Sherlock e niente chimica. A maggior ragione devi spiegarci che stai combinando qua dentro».



La struttura assemblata da Rudy mostra tutta la debolezza propria delle costruzioni fatte dai teorici: tre contenitori uno sopra l'altro, il primo e il secondo dall'alto pieni e con un rubinetto sul fondo, mentre il terzo, quello appoggiato direttamente sul tavolo, è vuoto e senza rubinetto. Il tutto emana un'aura sublime di instabile precarietà. Rudy recupera la Calabash dalle profane mani di Piotr e comincia la spiegazione: «Prima la teoria. Doc, qual è il problema di matematica che ti piace di meno?».

«Questo che stai per rifilarci, senza dubbio».

La soluzione del problema esposto in queste pagine sarà pubblicata in forma breve sul numero di aprile e in forma estesa sul nostro sito: www.lescienze.it. Potete mandare le vostre risposte all'indirizzo e-mail: rudi@lescienze.it.

«Bene, non mi aspettavo niente di meglio. Treccia, hai voglia di garantire un minimo di buon senso a questa riunione?».

Alice era tentata di sottoscrivere la risposta di Piotr, ma mossa a compassione per l'aria assorta di Rudy Holmes, opta per una risposta seria.

«Non è una scelta facile. Sai che sono allergica al calcolo delle probabilità, ma se quest'attrezzatura ha relazione con quello che stai per dirci, immagino di poter stare tranquilla, stavolta».

«Infatti», conferma Rudy mentre col bocchino della pipa prende a tamburellare sui tre contenitori di vetro. «Nessun rischio. Io invece ho sempre odiato quei problemi con la vasca da bagno dotata di n rubinetti e k scarichi, tutti con portata diversa, che finiscono sempre con l'allagarti la casa a un'ora ben precisa. Nessuno meglio di me sa che è difficile ambientare bene un problema di matematica, ma a che cosa potranno mai servire più di due rubinetti e soprattutto più di uno scarico?».

Illustrazione di Stefano Fabbri

Doc, infine, si siede anche lui: «...E questo castello di vetro avrebbe qualcosa a che vedere con tutto ciò?».

«Già. Ho deciso di vendicare la nobile meccanica dei fluidi inventando un problema bello anche se infestato da rubinetti e scarichi. Guardate: nel contenitore posto più in alto c'è inchiostro; quello intermedio contiene la medesima quantità di acqua. Entrambi i contenitori hanno un rubinetto sul fondo che versa il contenuto nel cilindro immediatamente inferiore».

«Insomma, se apro il rubinetto in alto l'inchiostro andrà nell'acqua, mentre se apro quello del contenitore intermedio il suo contenuto andrà a finire nel cilindro vuoto più basso. Rubinetti uguali, *ergo* portate uguali... Quindi?».

«Il bello arriva adesso. Se apro contemporaneamente i due rubinetti, l'inchiostro si mescolerà all'acqua nel vaso di mezzo (immaginate sempre la miscela ben omogenea, dipendente solo dalle quantità di acqua e inchiostro presenti), e la miscela finirà nel contenitore in basso. A un certo punto il cilindro dell'inchiostro si vuoterà, mentre quello intermedio sarà ancora pieno della miscela composta da acqua e inchiostro. Se in quel preciso momento io chiudo il rubinetto del contenitore di mezzo, quale sarà la percentuale di inchiostro nella miscela?».

Piotr scalcia indietro lo sgabello, ruba la pipa di schiuma a Rudy e declama ad alta voce: «Elementare, Watson!».

Rudy lo guarda con un sorriso incredulo: «Lo hai già risolto davvero?».

«Ma figurati! Però, una volta eliminato l'impossibile, quello che resta, per quanto improbabile, deve essere la verità, e... E poi da una vita che volevo dire una frase del genere!».

Il problema di febbraio: pazienza da collezionisti

Il mese scorso erano in ballo monete e banconote. Nel primo problema consideriamo un solo taglio: le monete da 1 euro; e ipotizziamo che a batter moneta siano 18 Stati. Il primo euro è senza dubbio collezionabile, ma già il secondo avrà solo 17/18 di probabilità di esserlo. Questo, in termini di attesa, comporta che dovrò aspettare mediamente l'arrivo di 18/17 monete per mettere in teca il secondo euro. Il terzo avrà probabilità 16/18 e attesa 18/16, quindi il numero totale di monete da passare per completare il set di 18 monete da 1 euro è (18/18 + 18/17 + 18/16 + … + 18/2 + 18), che vale circa 63. Estendendo a tutti i tagli si scopre che si vedranno passare più di 503 monete, per un valore totale di circa 244 euro, prima di completare la collezione.

In merito alla banconota più vecchia del secondo quesito, la sua età varia in funzione del metodo risolutivo: usando un metodo simile a quello del decadimento radioattivo, l'ultima banconota dovrebbe sopravvivere fino a 131 anni (131 è il valore di n che soddisfa la condizione $10^6 \times 0{,}9^n = 1$). Ma tenendo conto di altri fattori (stazionarietà del circolante, età media delle banconote) si possono ipotizzare anche soluzioni di 153 e 162 anni. Per ulteriori dettagli rimandiamo al blog su www.lescienze.it.

Per una riforma dell'università

I RICERCATORI NON CRESCONO SUGLI ALBERI

di Francesco Sylos Labini e Stefano Zapperi
Laterza, Roma, 2010, pp. 136 (euro 12,00).

di Mauro Capocci

Il buon senso non è tutto, ma spesso aiuta: è il pregio maggiore di questo libro. Per chi si occupa della questione «università e ricerca», il contenuto è per larga parte già noto: è però salutare, e importante, leggere un lungo ragionamento che incatena senza isterismi i diversi aspetti della crisi dell'accademia italiana.

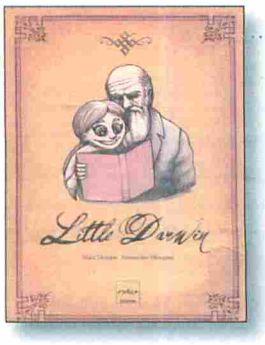
Emergono le evidenti origini medievali delle istituzioni: baronie, feudi, *ius primae noctis*, alte mura di protezione sono ancora all'ordine nel giorno nel terzo millennio. Hanno la forma di burocrazie mostruose e arbitrarie, di firme su pubblicazioni su cui non si è lavorato, di concorsi fintamente pubblici, di età considerata merito. L'aspetto anagrafico è forse quello più preoccupante, un tasto su cui battono più volte gli autori: la nostra classe accademica è anziana, e sta invecchiando sempre di più. L'ingresso di forze nuove avviene con il contagocce, ed è preceduto da forme sempre più degradate e degradanti di lavoro.

Anni di precariato con salari minimi, insegnamenti retribuiti con cifre irrisorie, per entrare nel sistema a quasi 40 anni. Le statistiche del 2007 sono impietose: il 56 per cento dei docenti universitari (ricercatori, associati, ordinari) ha più di 50 anni e il 14 per cento ha superato anche i 65. Nei paesi OCSE quest'ultima cifra si aggira intorno al 2 per cento, cioè l'equivalente di quanti sono in Italia gli strutturati sotto i 30 anni. Tra gli ordinari, gli ultracinquantenni sono l'81 per cento. Gli scatti automatici degli stipendi, indipendenti dalla produttività scientifica o didattica, sono poi specchio delle politiche di reclutamento degli atenei. La progressione di carriera, cioè i passaggi da ricercatore ad associato e da associato a ordinario, hanno assorbito la maggior parte dei finanziamenti per il personale nell'ultimo decennio.

È venuta a mancare la normale dinamica di reclutamento, piramidale, con molte immissioni nei ranghi più bassi e pochi spostamenti verso l'alto. Si è invece creata una situazione di casta. Una corporazione accademica chiusa, orientata ai propri interessi, quasi impermeabile al vasto mare di precarietà che la circonda e che permette l'esistenza stessa dell'accademia. Gran parte sono precari impiegati dall'università con forme contrattuali atipiche (assegni di ricerca, borse di studio, co.co.pro.) senza coperture di alcun tipo. Se in tutto il mondo il personale dell'università e della ricerca è in gran parte non permanente, i contratti sono più evoluti: stipendi normali, coperture assicurative, contributi pensionistici a vario titolo.

Il sistema italiano si è incancrenito negli anni, e nessuna riforma è mai riuscita a scalfirlo. Sottolineano giustamente gli autori che è mancata la responsabilità personale di chi compie le scelte: assumere un ricercatore che non produce nulla non comporta una diminuzione di finanziamenti per l'università. In assenza di una valutazione seria dei risultati scientifici, capace di incidere sulle scelte accademiche successive, il sistema non sarà mai in grado di migliorare.

Sylos Labini e Zapperi suggeriscono metodi internazionalmente riconosciuti per valutare la ricerca: nessuno è la soluzione perfetta, ma il peggiore sarebbe comunque un passo avanti. Ugualmente, una riforma non dovrebbe essere «emergenziale» né draconiana, come quelle annunciate in pompa magna da Moratti, Mussi, Gelmini (e Tremonti). Piuttosto dovrebbe prendere in considerazione un periodo di ammortizzazione, in cui il pensionamento anticipato (prima degli attuali 70 anni e più) non vada a discapito di chi a 40 anni entra nell'università con stipendi imbarazzanti (e arriverebbe a una pensione da fame). Le proposte sono varie e valide, ma soprattutto «normali». Indicano una strada percorsa da tanti altri paesi: assunzioni su base regolare, investimenti pubblici costanti e certi, valutazione della produttività scientifica, responsabilità personale. Una pianificazione di semplice buon senso in cui in molti (soprattutto i baroni) dovrebbero rinunciare a qualche privilegio, ma tutto il paese avrebbe da guadagnare.



LITTLE DARWIN

di Alessandro Blengino e Mara Dompè

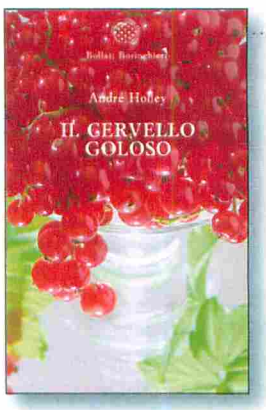
Codice Edizioni, Torino, 2010, pp. 94 (euro 16,00).

In molti abbiamo sognato una vita così. Un viaggio intorno al mondo, gestire un capitale di famiglia in una splendida casa di campagna, avere un'intuizione rivoluzionaria: una favola. Ma è stata anche la vita di Charles Darwin, diventata ora una vera favola per bambini, illustrata dalla matita di Alessandro Blengino e raccontata da Mara Dompè.

Alice è la piccola protagonista del racconto: un nome non casuale, visto che Charles Darwin le farà da guida in un paese delle meraviglie, quello dell'evoluzione. In un sogno che precede l'interrogazione di scienze, mano nella mano al vecchio Charles, Alice ne ripercorre la vita e le idee. Dall'infanzia in una famiglia agiata e colta, dove aleggiano le idee proto-evoluzioniste del nonno Erasmus, la piccola Alice viene poi portata sul Beagle: forse la parte più affascinante del sogno, tra animali strani, fossili e continenti lontani. Dal viaggio arrivano le prime suggestioni, ancora tutte da definire.

Tornato in patria, sempre con Alice, il naturalista illustra la sua vita londinese con la moglie Emma. Pochi anni nella capitale per poi ritirarsi nella tranquilla Down, riempita presto di figli (dieci!) e teorie. Tra queste, trascritte nelle opere pubblicate e nei taccuini inediti, anche l'evoluzione per selezione naturale. A questo punto i ruoli si ribaltano, e Alice descrive all'anziano e stupito Charles l'evoluzione della sua teoria, tra genetica ed equilibri punteggiati. Per la bambina è una sorta di prova generale dell'interrogazione del giorno dopo, quando il sogno finisce ma non scompare il fascino dell'evoluzione.

Mauro Capocci



IL CERVELLO GOLOSO

di André Holley

Bollati Boringhieri, Torino, 2009, pp. 256 (euro 22,00).

Perché amiamo certi cibi, e non altri? Come spiegare la generale predilezione per il cioccolato, il debole di molti per il peperoncino, e le altre preferenze che orientano i nostri gusti? È l'argomento di questo saggio, documentato e a tratti vagamente pedante, in cui il neurologo André Holley affronta l'impresa di spiegare un processo semplice da definire – in fin dei conti è quello che proviamo quando mettiamo in bocca un alimento – ma difficile da analizzare, legato com'è all'azione combinata di gusto, olfatto, vista e tatto, senza dimenticare l'udito. Con l'obiettivo di farci capire quanto siano complessi i meccanismi che regolano l'appetito, e illusoria l'idea che basti una dieta a imbrigliarli.

Holley spiega perché amiamo i brividi caldi del peperoncino – merito della capsaicina, in grado di attivare oppioidi endogeni – o quelli gelidi della menta, tentando di mettere ordine in quella *Fisiologia del gusto* di cui si è occupato due secoli fa Brillat-Savarin. E ricostruisce le ragioni evolutive della nostra avversione per i cibi amari – eredità degli sforzi dei nostri antenati per non ingerire piante velenose o indigeribili – e la passione per i grassi. Una passione che da buon francese l'autore guarda benevolmente (« non è ancora dimostrato che privarcene ci allunghi la vita », ricorda) e che ha anch'essa ragioni evolutive, dato che l'organismo si orienta spontaneamente verso gli alimenti più energetici. Il vero nemico, conclude Holley, non sono le nostre debolezze, ma l'uso che ne fa l'industria alimentare.

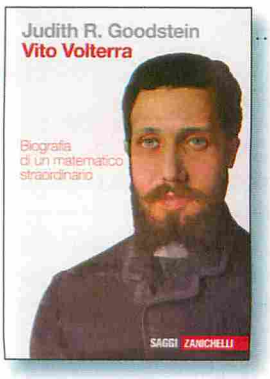
L'invito è a riscoprire il buonsenso – e la buona tavola – evitando a un tempo diktat salutistici e strategie commerciali delle aziende alimentari.

Paola Emilia Cicerone

Giocare sul serio

Si chiama «teoria dei giochi», ma di giocoso non ha molto. Chi la conosce sa che questa formalizzazione logico-matematica del comportamento umano è stata applicata in diversi campi, dall'economia alla corsa agli armamenti durate la Guerra Fredda, in cui la gestione del conflitto che passa per l'anticipazione delle mosse dell'avversario è fondamentale. Conoscere e padroneggiare la teoria dei giochi di certo non «vi consentirà di raggiungere un maggiore successo nella vita», come invece afferma la quarta di copertina di *L'arte della strategia* (Corbaccio, pp. 528, euro 22,00).

Tuttavia, questo libro di Avinash K. Dixit, professore di economia alla Princenton University, e Barry J. Nalebuff, professore a Yale, è interessante proprio per i numerosi esempi di applicazione della teoria sviluppata a partire dalla metà degli anni quaranta dal matematico John von Neumann. Da buoni economisti, gli autori si concentrano sul mondo degli affari, ma c'è spazio anche per sport e criminalità. E anche per le basi teoriche, accessibili a tutti, con un'interessante attenzione al concetto di informazione come elemento centrale nell'elaborazione delle strategie. (*gs*)



VITO VOLTERRA. Biografia di un matematico straordinario

di Judith R. Goodstein

Zanichelli, Bologna, 2009, pp. 382 (euro 27,00).

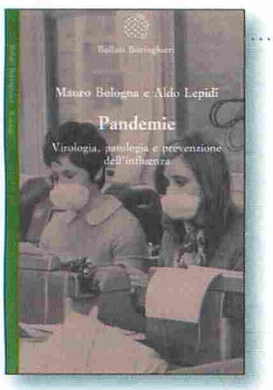
Vito Volterra, uno dei maggiori scienziati e matematici che l'Italia abbia mai avuto, è soprattutto noto per la sua «teoria dei funzionali», che lo ha portato in seguito a fornire importanti contributi nelle equazioni integrali e integrodifferenziali; ma anche per il suo interesse nella fisica dello stato solido, dell'astronomia e della biomatematica, la cui rilevanza fu tra i primi a evidenziare.

Questo libro elegante, basato in parte su lettere private inedite e su documenti, interviste e contatti personali dell'autrice con membri della famiglia di Volterra, avuti durante i suoi frequenti soggiorni in Italia, racconta la vita unica e straordinaria di una persona eccezionale in un paese e in un'epoca caratterizzati da eventi drammatici. Judith Goodstein traccia con grande rigore un ritratto a tutto tondo dell'uomo, nella sua vita privata e pubblica. E attorno a lui dipinge un vivido quadro di forti e a volte soffocanti legami all'interno della famiglia dello scienziato; dell'altissima qualità del gruppo di matematici che interagirono con lui; dei variegati e intricati rapporti nella comunità accademica italiana; delle drammatiche condizioni degli intellettuali in un paese che stava gradualmente sprofondando da una fresca democrazia nella volgarità del regime fascista. Non mancano nel libro anche gustosi squarci sulle comunità scientifiche all'estero, in Europa, in America del Nord e in quella del Sud.

Sarebbe arduo riferire i punti salienti della vicenda, tanti sono i fatti, le idee, le emozioni, le sorprese che il lettore incontrerà in questo splendido viaggio nella storia. Il libro è interessante non solo per gli scienziati, ma anche per gli storici e altre persone di cultura: può essere letto come un romanzo, in cui l'attenzione ai dettagli più significativi e a episodi poco noti descrive un'immagine realistica della vita italiana in quegli anni – e della comunità ebraica in particolare – meglio di molti saggi storici di stampo accademico.

Un lavoro pregevole per eleganza, stile, visione in profondità. Si finisce per avere l'impressione che l'autrice sia stata testimone diretta degli avvenimenti narrati.

Andrea Frova e Mariapiera Marenzana



PANDEMIE. Virologia, patologia e prevenzione dell'influenza

di Mauro Bologna e Aldo Lepidi

Bollati Boringhieri, Torino, 2010, pp. 394 (euro 32,00).

Ci sono parole che per un certo periodo catalizzano le paure collettive della nostra società. Una di queste negli ultimi anni è sicuramente «pandemia», che indica un'epidemia in grado di diffondersi a livello globale, con previsioni di morti e malati che non si sentivano dai tempi della guerra fredda. L'influenza, insomma, non è più quella che conoscevamo fin da bambini: abbiamo imparato da giornali e televisione che può fare strage di animali d'allevamento, colpire duramente le economie, contagiare l'essere umano fino a provocarne la morte.

Ma neppure quest'anno la pandemia attesa si è verificata, e si cominciano a fare le prime valutazioni, anche in tono polemico, sull'allarme creato nella popolazione e sulle modalità con i governi nazionali l'hanno gestito. E c'è da scommettere che alla fine dell'estate si ricomincerà con un'opinione pubblica ancora più scettica e confusa. Forse l'antidoto per non sentirsi sull'orlo del baratro ogni autunno e vittime di un cartello delle multinazionali ogni primavera è capire di che cosa si sta parlando, in un'ottica scientifica, quando si parla di influenza. E questo saggio uscito per i tipi di Bollati Boringhieri offre un compendio, completo e di facile lettura, riguardo tutte le conoscenze più aggiornate sul virus dell'influenza e sulla pandemia, anche in una prospettiva storica, istruttiva soprattutto per capire il complicato intreccio tra conoscenze scientifiche, protezione della salute pubblica e percezione del rischio da parte della popolazione. Si può infatti osservare che le cronache, anche letterarie, hanno sempre dedicato molta attenzione a peste, colera, tifo e vaiolo, mentre l'influenza è rimasta più sfuggente, come testimonia anche l'etimo della parola: nell'Italia del Cinquecento si parlava di *ab occulta coeli influentia*, attribuendo agli astri un cattivo ascendente sulla salute. Ancora nel 1918 non si conosceva l'agente eziologico di una malattia infettiva che fece molte più vittime della guerra mondiale appena conclusa e che venne chiamata «Spagnola» perché i giornali iberici, non sottoposti a censura bellica, erano gli unici a parlarne.

Ora le conoscenze virologiche si sono enormemente ampliate, e così le misure per contenere il contagio. Un concetto però ancora non passa: sul futuro neppure la scienza ha certezze e prepararsi al peggio rimane il miglior modo per cautelarsi.

Folco Claudi

La scienza e la Dotta

VEDERE, TOCCARE, CAPIRE. Ritorna l'appuntamento con «La Scienza in Piazza», evento che da cinque anni ormai popola il centro storico di Bologna con laboratori interattivi, spettacoli e scienziati grazie a cui grandi e piccoli potranno avvicinarsi alla cultura scientifica (*nelle foto, l'edizione dello scorso anno*).

Per 11 giorni Bologna rende onore al suo soprannome, «la Dotta», trasformandosi in un *science center* diffuso. Il merito è di «La Scienza in Piazza», un appuntamento che dal 2005 la Fondazione Marino Golinelli organizza con l'intento di portare la scienza tra la persone, invece che la gente nei luoghi della scienza.

Quella del 2010 è un'edizione «ponte» verso la trasformazione dell'evento in «Arte e Scienza in Piazza», prevista per il prossimo anno. Il sottile e complesso rapporto tra le discipline scientifiche e le avanguardie artistiche, infatti, è divenuto sempre più il filo rosso che lega le attività della manifestazione, sotto la spinta dell'ideatore, Marino Golinelli, convinto che «arte e scienza hanno in comune una radice fondamentale: la curiosità intelligente nei confronti del mondo». Un connubio che ha fatto attivare collaborazioni con la Collezione Peggy Guggenheim di Venezia e l'Ars Electronica di Linz, e si concretizza, tra l'altro, in *Antroposfera. Nuove forme della vita*, una rassegna che vede abbinate 15 opere d'arte contemporanea ispirate alla scienza e alla tecnologia ad altrettanti *exhibit* dedicati allo stesso tema, e nei *Dialoghi dell'Arte e della Scienza* coordinati dal critico d'arte Philippe Daverio.

Anche quest'anno non mancano i laboratori per il pubblico, organizzati all'interno di sei macro-contenitori. Si va alla scoperta dei segreti del nostro cervello («Scienza e conoscenza»), delle bio- e nanotecnologie, della genetica e della robotica («Nuove scienze e tecnoscienze»), dell'astronomia («Astromania») e dei problemi ambientali, soprattutto in relazione alle energie alternative («Si fa presto a dire ambiente!»).

Per partecipare a «Ovunque scienza», invece, bisogna stare attenti, perché è vietato «non toccare e non partecipare». Infine, per chi ama la rubrica e il blog di Dario Bressanini, è d'obbligo dare un occhiata alla sezione «La nuova scienza in cucina», in cui si esplorano le basi chimiche dell'alimentazione e il rapporto tra cibo e cervello.

Completano il programma gli incontri con i ricercatori nell'Agorà della scienza, i laboratori *hands-on* per le scuole, e un curioso appuntamento previsto per l'ultima giornata: una «camminata nordica scientifica», ovvero una specie di giro turistico della città, accompagnato dalla scoperta di ciò che succede al nostro corpo quando facciamo attività fisica.

Marco Boscolo

DOVE & QUANDO:

LA SCIENZA IN PIAZZA.
L'arte di vedere,
il piacere di capire
dall'11 al 21 marzo
BOLOGNA
Info: 051 6489877
www.lascienzainpiazza.it

Cortesia Michele Famiglietti (3)

La madre di tutti i rapporti

Ogni anno lo Stato del Texas richiede un rapporto su tutti i rapporti prodotti dalle sue stesse agenzie, compreso quello dell'ispettore dei pomodori

di Marc Abrahams

direttore del bimestrale «Annals of Improbable Research», fondatore e organizzatore del premio IgNobel

Questo – ciò che state leggendo in questo momento – è un rapporto su un rapporto che tratta di rapporti. Parla, in particolare, del rapporto ufficiale che lo Stato del Texas fa compilare su tutti i rapporti che richiede alle sue agenzie.

L'edizione 2009 ci offre 580 pagine di linda prosa burocratica (contando anche le sei che sostengono di essere state «lasciate in bianco intenzionalmente»). Sono 84 in meno che nell'edizione precedente.

Il tomo, che reca il titolo *Relazioni obbligatorie redatte dalle Agenzie statali e dalle Istituzioni di istruzione superiore (Anno Fiscale 2009)*, è stato compilato dalla Commissione statale biblioteche e archivi del Texas, subentrata nell'incarico al Controllore dei conti pubblici dello Stato.

ANCHE MENO. Un rapporto sui 1600 rapporti compilati ogni anno dalle agenzie dello Stato del Texas ha concluso che c'è bisogno di meno rapporti.

Il nuovo compito affidato alla commissione sembra aver sconcertato gli esperti di biblioteche e archivi, i quali lamentano il fatto che «la commissione e i suoi collaboratori impegnati nella preparazione del presente rapporto erano certi che il numero dei rapporti statali elencati dal Controllore dello Stato fosse pressoché esatto. L'aspettativa però si è rivelata infondata. Invece dei circa 400 rapporti inclusi nel rapporto del Controllore dello Stato, il presente rapporto ne elenca più di 1600».

Coraggiosamente, comunque, promettono che «la prossima edizione del presente rapporto conterrà una valutazione esauriente di tutti i rapporti obbligatori». Per il momento si limitano a raccomandare l'abolizione di 318 rapporti, mentre altri 58 dovrebbero essere accorpati con altri o redatti con minore frequenza.

Di alcuni rapporti, dice il rapporto, non c'è più bisogno. Per altri, invece, i requisiti legali sono diventati, con il passare degli anni, «un ginepraio di contraddizioni».

E ci sono altri rapporti ancora, così ci dicono, per cui le agenzie incaricate di scriverli o riceverli non esistono più. Il rapporto, di conseguenza, raccomanda di continuare a esigere la redazione del *Rapporto annuale sulle agenzie e i comitati consultivi aboliti.*

Fra i rapporti riportati dal rapporto sui rapporti, se ne trovano parecchie decine intitolati semplicemente *Rapporto annuale*. Altri invece possono vantare titoli coloriti, come si addice a uno Stato che si gloria di essere grande, sfrontato e memorabile. Ce n'è uno, per esempio, che si intitola *Rapporto sulle persone assolte per infermità mentale*; un altro è il *Rapporto contabile dei registri dell'ispettore capo dei pomodori.*

C'è anche il rapporto su *Residui di gomma e pneumatici triturati*. Anzi, di questi lo Stato del Texas ne richiede due: uno a cura dalla Commissione per la qualità ambientale e l'altro a cura del Dipartimento dei trasporti.

Questa è la prima volta che il rapporto sui *Rapporti obbligatori* risulta esso stesso obbligatorio per legge. Finora i burocrati lo preparavano per consuetudine, non per obbligo. Il rapporto del 2009, tra l'altro, presenta almeno un'omissione degna di nota. Il rapporto *Relazioni obbligatorie redatte dalle Agenzie statali e dalle Istituzioni di istruzione superiore*, infatti, fra le *Relazioni obbligatorie redatte dalle Agenzie statali e dalle Istituzioni di istruzione superiore* non c'è...

Lane Erickson/Stockphoto

I detective della bufala

Grazie a metodi di analisi molecolare è possibile scoprire se una mozzarella di bufala contiene anche latte vaccino, e smascherare la frode

di Dario Bressanini

La mozzarella è un formaggio a pasta filata: la cagliata di latte viene tritata, miscelata con acqua bollente, filata e quindi «mozzata», da cui il nome. Nella produzione di mozzarella di bufala si deve usare solo latte intero fresco, eventualmente pastorizzato, di bufala (*Bubalus bubalis*). La produzione è concentrata in Campania, e si fregia anche della Denominazione di origine protetta (DOP), anche se a dispetto del nome «mozzarella di bufala campana» la produzione è estesa ad alcune zone di Puglia, Lazio e Molise.

Nel 2007 un gruppo di ricercatori dell'Università di Padova ha usato la reazione a catena della polimerasi (PCR), un metodo di analisi genetica, per identificare l'eventuale presenza di latte vaccino in mozzarelle di bufala. L'analisi cercava particolari sequenze di DNA nei mitocondri di cellule ancora presenti nella mozzarella e nel latte. Le sequenze geniche della bufala sono diverse rispetto a quelle della mucca, e questo permette di distinguere l'origine del latte usato per il prodotto.

Concettina D'Agnese/iStockphoto

OCCHIO AL FALSO. Uno studio ha mostrato che una percentuale considerevole di mozzarella venduta in Italia come mozzarella di bufala conteneva in realtà anche latte vaccino.

I ricercatori avevano acquistato 64 mozzarelle di bufala, di cui 48 si fregiavano del marchio DOP, sia in supermercati e negozi specializzati, sia direttamente dai produttori, per un totale di 37 marchi differenti; 28 campioni erano stati acquistati in estate, il resto in autunno. In estate la domanda di mozzarella di bufala aumenta, e non sempre la produzione riesce a soddisfare la richiesta. Il metodo di analisi messo a punto dai ricercatori riusciva a rilevare la presenza anche solo dello 0,1 per cento di latte vaccino in una mozzarella di bufala. I risultati hanno mostrato che l'80 per cento dei campioni conteneva latte vaccino. E ben 39 di questi si fregiavano del marchio DOP. Solo due aziende produttrici su un totale di 37 erano risultate negative alla contaminazione sia in estate sia in autunno. Nella maggior parte dei casi il latte vaccino addizionato illegalmente rappresentava meno del 3 per cento del latte totale, ma in tre casi, tra cui un marchio DOP, la contaminazione superava il 20 per cento.

Di solito la pizza preparata con la mozzarella di bufala costa di più rispetto a quella con mozzarella di latte vaccino. Useranno vera bufala? Nel 2008 un gruppo di ricercatori italiani ha cercato di capire se un test per distinguere la mozzarella di bufala da quella vaccina, basato sulla differenza tra le caseine prodotte dai due animali, si poteva usare anche dopo la cottura di una pizza. La caseina rimane infatti sufficientemente integra da poter essere riconosciuta, anche se le alte temperature raggiunte durante la cottura sono elevate.

Un'indagine preliminare su sette pizze surgelate industriali e sette pizze acquistate in pizzeria, a Lodi e in Campania, ha dato risultati sorprendenti. Quattro pizze industriali, come indicato sulla confezione, usavano solo mozzarella di bufala, mentre le altre tre mostravano una contaminazione da mozzarella vaccina inferiore o uguale al 5 per cento. Delle pizze acquistate in pizzeria, invece, solo due contenevano esclusivamente mozzarella di bufala, mentre in tre casi la mozzarella era quasi esclusivamente di vacca. Stupiti dal risultato, i ricercatori hanno acquistato 50 pizze preparate, come dichiarato nel menù, con sola mozzarella di bufala in 50 pizzerie della Campania. I risultati sono stati sconcertanti. L'80 per cento delle pizze conteneva anche mozzarella di vacca. Il 14 per cento dei campioni mostrava una contaminazione da latte vaccino inferiore al 10 per cento, mentre addirittura in un terzo dei prodotti la mozzarella usata era quasi esclusivamente di vacca.

Ovviamente un campione così piccolo non può essere certo rappresentativo delle circa 20.000 pizzerie sparse in tutta Italia, e neppure è possibile, senza ulteriori analisi, capire se la frode sia da imputare alla pizzeria o al produttore di mozzarella. Pare però che la frode sia abbastanza diffusa, e che sia possibile usare metodi di indagine molecolare per identificare queste pratiche illegali.

LA SALUTE DELLA TERRA

ARTICOLI DI JONATHAN FOLEY, BILL McKIBBEN E QUIRIN SCHIERMEIER

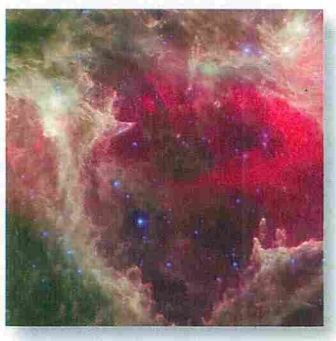
Con contributi di Gretchen C. Daily, Robert Howarth, David A. Vaccari, Adele C. Morris, Eric F. Lambin, Scott C. Doney, Peter H. Gleick e David Fahey

L'umanità modifica il pianeta da migliaia di anni, ma mai come oggi l'ambiente in cui viviamo è stato alterato dalle nostre attività. Per il 40° anniversario dell'Earth Day, un'analisi dei problemi che affliggono la Terra, delle loro reali cause e di alcune possibili soluzioni.

Nuvoloso, con probabilità di stelle

DI ERICK T. YOUNG

Fare una stella non è cosa da poco. Nuove osservazioni astronomiche rivelano in che modo le stelle di grande massa possono innescare nelle loro vicinanze il collasso di nubi di gas e polvere favorendo la formazione di nuovi astri.



La nuda verità

DI NINA G. JABLONSKI

Scoperte recenti hanno messo in luce le origini dell'assenza di peli nella nostra specie. Suggerendo che la pelle nuda potrebbe essere stata un fattore cruciale per l'apparizione di caratteristiche umane fondamentali, come un grande cervello e la capacità di pensiero simbolico.

LE SCIENZE S.p.A.
Sede legale: Via Cristoforo Colombo 149, 00147 ROMA.

Abbonamenti e arretrati: 199 700 721
(02 87082433 per chi chiama da telefoni pubblici o cellulari), il costo massimo della telefonata da rete fissa è di 14,26 cent di euro al minuto + 6,19 cent di euro alla risposta (IVA inclusa)

redazione: tel. 06 49823181
e-mail: redazione@lescienze.it
www.lescienze.it

Direttore responsabile
Marco Cattaneo

Redazione
Claudia Di Giorgio (*caposervizio*), Giovanna Salvini (*caposervizio grafico*), Cinzia Sgheri, Ale Sordi (*grafico*), Giovanni Spataro

Collaborazione redazionale
Folco Claudi, Gianbruno Guerrerio

Segreteria di redazione
Mauro Pelella

Progetto grafico: Giovanna Salvini

Responsabile della pubblicità
Paolo Bardelli (tel. 02 57494338, 335 6454332)
e-mail pbardelli@manzoni.it

Pubblicità:
A. Manzoni & C. S.p.A.
Via Nervesa 21, 20139, Milano, telefono: (02) 574941

Distribuzione per l'Italia
Gruppo Editoriale L'Espresso
Divisione La Repubblica,
via Cristoforo Colombo 149, 00147 Roma.

Stampa
Rotosud: Loc. Miole Le Campore-Oricola; Legatoria Europea (allestimento) Ariccia (Roma).
Copertina: Puntoweb, Via Variante di Cancelliera, snc, 00040 Ariccia (RM).

Consiglio di amministrazione
Marco Barina (*presidente*), Steven Yee (*vice presidente*), Corrado Corradi, Michael Keith Florek, Kevin Hause, Stefano Mignanego

Responsabile del trattamento dati (D. lgs. 30 giugno 2003 n.196):
Marco Cattaneo

Registrazione del Tribunale di Milano n. 48/70 del 5 febbraio 1970.

Rivista mensile, pubblicata da Le Scienze S.p.A.
Printed in Italy - febbraio 2010

Copyright © 2010 by Le Scienze S.p.A.

ISSN0036-8083

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte della rivista può essere riprodotta, rielaborata o diffusa senza autorizzazione scritta dell'editore. Si collabora alla rivista solo su invito e non si accettano articoli non richiesti.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor in Chief: Mariette DiChristina; *Managing Editor*: Ricki L. Rusting; *Board of Editors*: Mark Alpert, Steven Ashley, Peter Brown, Stuart F. Brown, Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Mark Fischetti, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christie Nicholson, Michelle Press, Michael Shermer, Sarah Simpson, Christine Soares, Gary Stix, Philip M. Yam, Kate Wong.

President Steven Inchcoombe;
Vice president and publisher: Bruce Brandfon;
Art Director, Edward Bell

Hanno collaborato a questo numero
Per le traduzioni: M. Bergamin: *Soldi veri da mondi virtuali*; E. Bernacchi: *In cerca di vita nel multiverso*; A.Cavatorti: *L'origine violenta dei continenti*; F. Claudi: *Microchip dei prossimi 20 anni*; D. Gewurz: *Guerra nucleare locale, catastrofe globale*; C. Serra: *Un piano per sconfiggere le malattie tropicali dimenticate*; A. Tutino: *Ascesa e caduta dei nanobatteri*; *Sesso, bellezza e statistica.*

In conformità alle disposizioni contenute nell'articolo 2 comma 2 del «Codice Deontologico relativo al trattamento dei dati personali nell'esercizio dell'attività giornalistica ai sensi dell'Allegato A del Codice in materia di protezione dei dati personali ex d.lgs. 30 giugno 2003 n.196», Le Scienze S.p.A. rende noto che presso la sede di Via Cristoforo Colombo, 163, 00147, Roma esistono banche dati di uso redazionale. Per completezza, si precisa che l'interessato, ai fini dell'esercizio dei diritti riconosciuti dall'articolo 7 e seguenti del d.lgs.196/03 - tra cui, a mero titolo esemplificativo, il diritto di ottenere la conferma dell'esistenza di dati, la indicazione delle modalità di trattamento, la rettifica o l'integrazione dei dati, la cancellazione ed il diritto di opporsi in tutto od in parte al relativo utilizzo - potrà accedere alle suddette banche dati rivolgendosi al Responsabile del trattamento dei dati contenuti nell'archivio sopraindicato presso la Redazione di Le Scienze, Via Cristoforo Colombo, 163, 00147 Roma.

ABBONAMENTI SOMEDIA S.p.A.
Casella Postale 10055 - 20111 Milano
Tel.199.700721 (02 87082433 per chi chiama da telefoni pubblici o cellulari), il costo massimo della telefonata da rete fissa è di 14,26 cent di euro al minuto + 6,19 cent di euro alla risposta (IVA inclusa); Fax 02 26681991
Abbonamenti aziendali e servizio grandi clienti
Tel. 02 70648277, Fax. 02 26681991

Italia	
abb. annuale	€ 39,00
abb. biennale	€ 75,00
abb. triennale	€ 99,00
copia arretrata	€ 7,80
Estero	
abb. annuale	€ 52,00
abb. biennale	€ 87,00
abb. triennale	€ 110,00

Accertamento diffusione stampa certificato n. 6587 del 4/12/2008

Frans Lanting/Corbis (*Parque Nacional do Iguaçu, Brasile*), JPL/NASA, Caltech e Harvard Smithsonian Center for Astrophysics (*galassia*)

Dall'autore de *L'illusione di Dio*

il nuovo libro

Perché l'evoluzione non è solo una «teoria», ma è un fatto comprovato quanto la rivoluzione della Terra intorno al Sole

MONDADORI

www.librimondadori.it

POP
GD510

DIMENSIONI MINI, SCHERMO MAXI.

Il più piccolo telefono touch con schermo gigante da 3"

- Interfaccia Touch
- Display 3"
- Social Networks integrati

LG
Life's Good

facebook twitter myspace

Facebook, MySpace e Twitter sono rispettivamente marchi di Facebook Inc, MySpace Inc, Twitter Inc

www.lge.com